

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ESTUDOS DE ISÓTOPOS DE ESTRÔNCIO, OXIGÊNIO E
HIDROGÊNIO EM UM CASO DE CONTAMINAÇÃO DE FLÚOR
NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

Daphne Silva Pino

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Hirata
Co-orientadora: Dra. Veridiana Martins

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-09/07)

TF
P657
DS.e

São Paulo
2009

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



**ESTUDOS DE ISÓTOPOS DE ESTRÔNCIO, OXIGÊNIO E
HIDROGÊNIO EM UM CASO DE CONTAMINAÇÃO DE FLÚOR
NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

Daphne Silva Pino

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Hirata
Co-orientadora: Dra. Veridiana Martins

DEDALUS - Acervo - IGC



30900026919

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-09/07)

São Paulo
2009

*"hoshi no inochi nara nagai kedo, itsu made mo
onaji kono hibi ga kurikaesu wake ja nai"*

*"hoshi no inochi nara nagai kedo, itsu made mo
onaji kono hibi ga kurikaesu wake ja nai
ashita wa dare ni mo mienai
Just hold on tight, hitomi tojita nara
look inside yourself, kodou kanjiru kara
yes, mirai shinjite hoshii"*

(As estrelas podem viver por muito tempo, mas isso não significa
que os dias irão se repetir ininterruptamente
ninguém pode ver o amanhã
Apenas agüente firme, porque se você fechar os olhos,
olhar para dentro de si, você sentirá uma batida de coração
sim, eu quero que você acredite no futuro)

Open up your mind, Mirai

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, participaram, incentivaram e ajudaram na realização deste trabalho.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Ricardo Hirata e Dra. Veridiana Martins, pela oportunidade e por estarem sempre abertos a conversas, inclusive não relacionadas ao projeto.

Ao Prof. Dr. Reginaldo Bertolo, por também sempre me incentivar.

Ao CNPq, pela aprovação do projeto “A origem da contaminação de flúor na água subterrânea, por isótopos de estrôncio, hidrogênio e oxigênio: um caso na Grande São Paulo” (Processo nº 482702/2007-9), no qual está inserido este trabalho; e à FAPESP, pela concessão da bolsa de iniciação científica (Processo nº 2008/08601-5). Ao Instituto de Geociências (IGc) da USP e ao Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo, IGc-USP), pelo apoio institucional.

Ao colega de trabalho Diego Pacheco, pela contribuição em diversos momentos, inclusive para amostrar lugares que eu não conseguia alcançar.

Aos colegas de laboratório Leonardo Marcolan, Carlos Maldaner e Ingo Wahnfried, por sempre se disporem a ajudar, tanto através de explicações e sugestões como no trabalho de campo. Agradeço também aos demais colegas do Laboratório de Modelos Físicos (LAMO), que contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho: Tatiana Tavares, Sandra Guerra e Lucas.

À equipe do CPGeo, agradeço pelo trabalho e disponibilidade para me ensinar e ajudar, em especial a Solange Souza e Ivone Sonoki. Agradeço também a Vasco Loios, Izabel Ruiz, Liliane Petronilho, Helen Sonoki, Gisele e aos estagiários Fernanda e Felipe. Ao pessoal do Laboratório de Isótopos Estáveis (LIE, IGc-USP), Luís Mancini e os estagiários Alyne e Edson. E principalmente às Prof^{as} Dras. Maria Helena de Hollanda e Marly Babinsky, por viabilizarem as análises isotópicas e pelas discussões a respeito dos dados isotópicos.

Aos funcionários do Instituto de Geociências, que contribuíram para a execução deste trabalho, em especial: Angelito, transporte e encontrar bons lugares para almoçarmos durante as atividades de campo; Antônio, transporte; Paulo, pela “força” no campo de solos; e pessoal da gráfica, fornecer folhas, ajudar nas encadernações de relatórios e monografia.

Ao DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), por disponibilizar laudos de poços para consulta, fornecendo importantes recursos para tomada de decisões nas etapas iniciais do trabalho.

À equipe da COVISA (Coordenação de Vigilância em Saúde), em especial Waldemar, Stella e Antônio, por disponibilizar informações e participar de campanhas de amostragem.

Ao pessoal da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), Cláudio Dias, Rosângela e Fábio, pela ajuda no levantamento de informações.

Às empresas e pessoas que nos permitiram amostrar água ou solo em suas propriedades, contribuindo para a realização deste estudo.

Aos amigos não diretamente relacionados a este trabalho, mas que estiveram ao meu lado durante mais este ano. Vitor, Marcelo e Pedro, pelos momentos de descontração, risos e desabafos; pela amizade que me dá forças para continuar.

E finalmente, agradeço à minha família, em especial a meus pais, Francisco e Marina, e à minha irmã, Ingrid. Obrigada por sempre acreditarem em mim e por me apoiarem em mais uma etapa na minha vida. Amo vocês.

RESUMO

Pino, D. S. 2009. *Estudos de isótopos de estrôncio, oxigênio e hidrogênio em um caso de contaminação de flúor no município de São Paulo*. Monografia de Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 117p.

Em poços tubulares usados como abastecimento alternativo na região da Barra Funda, zona oeste de São Paulo, foram detectadas elevadas concentrações de fluoreto (até cerca de 10mg/L), muito acima do limite de potabilidade definido pelo Ministério da Saúde (1,5mg/L) (Portaria 518 do Ministério da Saúde). O intuito do presente trabalho foi caracterizar a origem de tal anomalia de fluoreto na água, através da aplicação de técnicas de isótopos estáveis (hidrogênio e oxigênio) em água e radiogênico (estrôncio) em água, efluentes e solo.

Os isótopos de hidrogênio e oxigênio foram escolhidos por constituírem bons traçadores para a água. Os de estrôncio, por sua vez, refletem a interação da água com o arcabouço geológico. O uso de diversos traçadores visou a caracterização da origem das águas com e sem anomalia de fluoreto.

As relações observadas entre os parâmetros estudados (razões isotópicas, concentração de fluoreto e de estrôncio, profundidade de amostragem, níveis estático e dinâmico dos poços, pH) mostraram que a profundidade da água é um dos fatores que influenciam na concentração de fluoreto, por duas razões principais: (1) águas mais profundas tendem a apresentar maior tempo de trânsito pelo aquífero, permitindo maior contato e equilíbrio com as rochas pelas quais a água percola; (2) em maiores profundidades há maior possibilidade de presença de fraturas preenchidas por fluidos hidrotermais e de pegmatitos, ambos os casos podendo constituir ocorrências de minerais portadores de flúor. Além disso, não foram encontradas concentrações anômalas de fluoreto no Sistema Aquífero Sedimentar (mais raso), apenas no Sistema Aquífero Cristalino (mais profundo).

A análise das cotas da superfície do embasamento cristalino e da distribuição espacial dos dados obtidos evidenciou que o controle da anomalia de fluoreto é, na verdade, essencialmente estrutural: as maiores concentrações são encontradas em uma faixa aproximadamente WNW-ESE no centro da região de estudo, onde há uma depressão na superfície do embasamento, a qual pode ser devida a falhas, comuns no embasamento da Bacia Sedimentar de São Paulo. A presença de falhas poderia ter contribuído para a percolação de fluidos hidrotermais, os quais podem conter flúor.

Verificou-se, ainda, que os isótopos de hidrogênio, oxigênio e estrôncio não afetam a concentração de fluoreto, mas permitem a identificação de águas de diferentes origens, o que auxiliou a distinguir as águas com concentrações anômalas das demais.

Os dados isotópicos obtidos neste trabalho e as análises realizadas a partir deles, por possibilitarem a distinção entre águas de diferentes procedências, contribuíram para a identificação da origem da anomalia de fluoreto na área de estudo, indicando uma fonte natural e não antrópica.

Palavras-chave: fluoreto, isótopos ambientais, isótopos de estrôncio, águas subterrâneas

ABSTRACT

Pino, D. S. 2009. *Strontium, oxygen and hydrogen isotopes in a fluorine contamination case in Sao Paulo, Brazil*. Graduation Monograph, Institute of Geosciences, UNiversity of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil. 117p. (in Portuguese)

High concentration levels of fluoride (up to 10mg/L) were detected in water-wells used for alternative water supply at Barra Funda, an area in the western side of Sao Paulo city. These values are above the potable level established by the Brazilian Health Ministry (1,5mg/L). The research presented in this monograph aimed to characterize the source of such fluoride anomaly, by applying stable (hydrogen and oxygen) and radiogenic (strontium) isotopes techniques in water, effluents and soil.

Hydrogen and oxygen isotopes were chosen for being good water tracers. Strontium isotopes, on the other hand, reflect the water-rock interactions. Using several tracers contributed to distinguish different water sources, with or without fluoride anomaly.

The correlations between pairs of parameters (isotopic ratios, fluoride and strontium concentrations, sampling depth, wells' static and dynamic levels, pH) indicate that water depth influences on fluoride concentration, for two main reasons: (1) deeper waters tend to have more transit time through the aquifer, allowing more contact and equilibrium with the percolated rocks; (2) in deeper regions, fractures filled by hydrothermal fluids and pegmatites are more likely to occur, and both may contain fluorine-bearing minerals. Besides, no fluoride anomaly was found in the Sedimentary Aquifer System (shallower), only in the Crystalline Aquifer System (deeper).

Analyzing the basement surface depth and data spatial distribution, it was pointed out that the fluoride anomaly is, in fact, essentially controlled by structural factors: the higher concentrations are found in a central belt in the study area, approximately WNW-WSE, where there is a depression in the basement surface, which may have been caused by faults, common in the São Paulo Sedimentary Basin basement. The faults could have contributed with hydrothermal fluids percolation, which can contain fluorine.

It was also verified that hydrogen, oxygen and strontium isotopes do not interfere in fluoride concentrations, but allow the identification of waters with different origins, which showed to be useful to differentiating contaminated from non-contaminated waters in the present work.

Isotopic data acquired in this study and the corresponding analysis allowed distinguishing waters from different sources, contributing to identify the fluoride anomaly in the study area, indicating a natural origin, and not from anthropogenic sources.

Key words: fluoride, environmental isotopes, strontium isotopes, groundwater

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS	IX
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. JUSTIFICATIVA	2
4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	3
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
5. 1. FLUORETO	5
5. 1. 1. <i>Geoquímica do Flúor</i>	5
5. 1. 2. <i>Ocorrência nas rochas</i>	6
5. 1. 3. <i>Ocorrência na Água</i>	7
5. 1. 4. <i>Flúor e a saúde humana</i>	7
5. 2. GEOLOGIA REGIONAL	9
5. 2. 1. <i>Geologia da Bacia de São Paulo</i>	9
5. 2. 2. <i>Evolução da Bacia de São Paulo</i>	12
5. 2. 3. <i>Bacia do Alto Tietê</i>	13
5. 2. 4. <i>Sistemas Aquíferos</i>	13
5. 3. DISTRITO BARRA FUNDA	14
5. 4. ISÓTOPOS	16
5. 4. 1 <i>Isótopos de estrôncio</i>	16
5. 4. 2. <i>Espectrômetria de massa</i>	18
5. 4. 3. <i>Isótopos Estáveis</i>	19
6. MATERIAL E MÉTODOS	23
6. 1. CADASTRAMENTO E SELEÇÃO DE POÇOS	23
6. 2. LEVANTAMENTO DE ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES	24
6. 3. PREPARAÇÃO DE MATERIAL PARA AMOSTRAGEM	24
6. 4. AMOSTRAGEM	25
6. 4. 1. <i>Amostragem de água</i>	26
6. 4. 2. <i>Amostragem de solo</i>	26
6. 4. 3. <i>Amostragem de rochas e efluentes</i>	27
6. 5. ANÁLISES ISOTÓPICAS	28
6. 5. 1. <i>Análises de estrôncio em água e efluentes</i>	28
6. 5. 2. <i>Análises de estrôncio em solo</i>	31
6. 5. 3. <i>Análises de hidrogênio em água</i>	33

6. 5. 4. Análises de oxigênio em água.....	33
7. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	33
7. 1. DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	33
8. RESULTADOS	35
8. 1. RESULTADOS DE ISÓTOPOS DE HIDROGÊNIO E OXIGÊNIO.....	35
8. 2. RESULTADOS DE ISÓTOPOS DE ESTRÔNCIO	36
8. 2. 1. <i>Em água e efluente</i>	36
8. 2. 2. <i>Em solo</i>	38
9. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	38
9. 1. ANÁLISES ISOTÓPICAS DE DEUTÉRIO E OXIGÊNIO	41
9. 2. ANÁLISES ISOTÓPICAS DE ESTRÔNCIO.....	44
9. 3. CONCENTRAÇÕES DE ESTRÔNCIO EM ÁGUA E SOLO	47
9. 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
10. CONCLUSÕES.....	48
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXO 1.....	61
ANEXO 2.....	105
ANEXO 3.....	107
ANEXO 4.....	109
ANEXO 5.....	112
ANEXO 6.....	113
ANEXO 7.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1. Localização da área de estudo no contexto do município de São Paulo e da Bacia do Alto Tietê.....	3
Figura 2. Arredores do distrito Barra Funda, zona oeste de São Paulo.....	4
Figura 3. Ciclo do fluoreto.....	5
Figura 4. Geologia da Bacia de São Paulo e porção sudoeste da Bacia de Taubaté.....	9
Figura 5. (A) Localização da área de estudo. (B) Destaque da área de estudo.....	10
Figura 6. Esquema dos principais componentes do espectrômetro de massa.....	19
Figura 7. Correlação entre (D/H, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) de águas pluviais globais.....	22

Figura 8. Conjunto para filtragem.....	26
Figura 9. Frasco de <i>teflon</i> de 100mL.....	29
Figura 10. Esquema de uma coluna de purificação.....	30
Figura 11. Colunas de purificação numeradas.....	30
Figura 12. Frasco de <i>teflon</i> de 20mL.....	31
Figura 13. Correlação entre δD e $\delta^{18}O$ de poços amostrados, conforme sistema aquífero.....	35
Figura 14. Correlação entre δD e $\delta^{18}O$ de poços amostrados, evidenciando dois grupos conforme a concentração de fluoreto.....	36
Figura 15. Concentração de fluoreto em função das razões isotópicas de estrôncio.....	37
Figura 16. Razão isotópica de oxigênio em função da razão isotópica de estrôncio, para as amostras de água.....	37
Figura 17. (A) Delimitação da área sob influência da anomalia de fluoreto em relação à superfície do SAC. (B) Representação em três dimensões da superfície do SAC.....	39
Figura 18. Distribuição espacial dos dados isotópicos e de concentrações de fluoreto e estrôncio na região da Barra Funda.....	40
Figura 19. Razão isotópica de oxigênio em função de valores de pH medidos em campo.....	42
Figura 20. Razões isotópicas de oxigênio em função do nível estático dos poços amostrados.....	43
Figura 21. Razões isotópicas de oxigênio em função do nível dinâmico dos poços amostrados.....	43
Figura 22. Razões isotópicas de estrôncio de amostras de água do SAC <i>versus</i> espessura do SAS no poço amostrado.....	46
Figura 23. Concentração de estrôncio em função da profundidade do poço.....	47
 Tabela 1. Cronograma de atividades.....	 34
Tabela 2. Correlação linear entre razões isotópicas e outros parâmetros.....	44

1. INTRODUÇÃO

A origem do fluoreto na água subterrânea é ainda uma questão não completamente compreendida. Em geral, sua concentração natural na água subterrânea é menor que 1mg/L, embora possam ser encontradas ocorrências de concentrações naturais mais elevadas – como em águas do Sistema Aquífero Guarani, na região do Pontal do Paranapanema (SP), onde são observadas concentrações superiores a 12mg/L (Silva 1983, Perroni *et al.* 1985). Concentrações anômalas de fluoreto em águas subterrâneas são fontes de muitos estudos, como apontado por Leybourne *et al.* (2008). A presença desse íon na hidrosfera e em rochas sedimentares é em geral atribuída ao intemperismo de rochas ígneas (Fraga 1992). O fluoreto está associado ainda à presença de fluidos hidrotermais, podendo fazer parte da composição de diversos minerais, como fluorita, apatita, anfibólios, micas e argilominerais.

O limite de potabilidade de fluoreto estabelecido pela Portaria nº518/2004 do Ministério da Saúde é de 1,5mg/L. Entretanto, em poços tubulares utilizados como abastecimento alternativo na região de Barra Funda, zona oeste de São Paulo, foram detectadas elevadas concentrações de flúor (até cerca de 10mg/L) pela Coordenação do Vigiágua da Superintendência de Vigilância Sanitária (SUVIS Lapa/Pinheiros). A necessidade de verificar uma possível fonte antrópica dessa contaminação levou a um acordo de cooperação entre a Coordenação de Vigilância em Saúde da Secretaria Municipal de Saúde (SMS/COVISA), SUVIS Lapa/Pinheiros e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Pesquisadores do Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP), que implementaram rotina analítica de isótopos radiogênicos em amostras de água para utilizá-los como traçadores isotópicos da contaminação e recarga de aquíferos (Martins *et al.* 2004), interessaram-se pelo problema, originando o projeto “A origem da contaminação de flúor na água subterrânea, por isótopos de estrôncio, hidrogênio e oxigênio: um caso na Grande São Paulo” (Processo nº 482702/2007-9 no CNPq), no qual está inserido o presente trabalho. Este, portanto, deu maior atenção à coleta e análise laboratorial dos parâmetros isotópicos.

A composição química da água subterrânea é determinada por sua interação com as rochas do aquífero que a armazena e com águas de recarga, natural ou antrópica. Os íons (maiores, menores ou traços) transportados pela água podem ser empregados como marcadores de ambiente, pois a presença e as concentrações desses íons refletem a assinatura geoquímica das fontes – tanto de recarga como da rocha encaixante. Entre os traçadores isotópicos, os mais comumente utilizados são os de hidrogênio e oxigênio, principalmente em estudos de recarga (Abbott *et al.* 2000). Isótopos estáveis também têm sido empregados em estudos de contaminação de fluoreto na água subterrânea, como é o caso dos trabalhos realizados por Datta *et al.* (1996), com isótopos de oxigênio, Travi &

Chernet (1998), com isótopos de oxigênio, hidrogênio e carbono, e Tirumalesh *et al.* (2007), com isótopos de oxigênio e hidrogênio. Os isótopos de estrôncio, por sua vez, são em geral empregados como traçadores da interação entre água e arcabouço geológico (Bierman *et al.* 1998, Bullen & Kendall 1998, Frost & Toner 2004), embora haja trabalhos em que isótopos de estrôncio são usados como traçadores de contaminação antrópica (Capo *et al.* 1998, Vilomet *et al.* 2001). Assim, ambos os sistemas isotópicos - radiogênico e estável - fornecem informações importantes e complementares para estudos hidrogeológicos (Bullen & Kendall 1998, Banner 2004). Tal relação é bem exemplificada pelo trabalho de Petelet-Giraud *et al.* (2007), que investigaram a contaminação de um aquífero em uma área fortemente industrializada na Alemanha: as razões isotópicas de hidrogênio e oxigênio foram importantes para determinar distintas fontes de água, inclusive misturas de águas; enquanto as de estrôncio foram essenciais na identificação das águas contaminadas. A combinação de isótopos estáveis e radiogênicos no estudo de Petelet-Giraud *et al.* (2007) permitiu o reconhecimento da origem da contaminação e sua influência sobre o aquífero adjacente.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação técnicas isotópicas na determinação da origem da contaminação de fluoreto detectada na água subterrânea no distrito da Barra Funda, zona oeste da cidade de São Paulo. Foram utilizados isótopos de estrôncio, hidrogênio e oxigênio em amostras de água, e de estrôncio em amostras de efluentes de indústrias e de solos da região.

3. JUSTIFICATIVA

Este trabalho de conclusão de curso justifica-se por caracterizar um estudo de origem de contaminação de aquífero e de determinação de novas técnicas de investigação (uso de isótopos de estrôncio). Este tipo de trabalho é importante para promover a atenuação ou a correção da contaminação e, em uma visão mais ampla, para o gerenciamento de recursos hídricos. Além disso, como a aplicação de isótopos para investigação da origem de contaminantes ainda não é muito utilizada no Brasil, os resultados desta pesquisa podem ter amplo potencial de difusão da metodologia, que poderá ser empregada em outros estudos de contaminação.

O presente trabalho está inserido em um projeto coordenado pelo Prof. Dr. Ricardo Hirata, aprovado pelo CNPq, intitulado "A origem da contaminação de flúor na água subterrânea, por isótopos de estrôncio, hidrogênio e oxigênio: um caso na Grande São Paulo" (Processo nº 482702/2007-9), realizado pelos Profs. Drs. Ricardo Hirata e Reginaldo Bertolo e pela Dra. Veridiana Martins.

4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A região de estudo localiza-se na Bacia do Alto Tietê (BAT), a qual está inserida na Bacia Sedimentar de São Paulo (BSP) (Rocha *et al.* 1989, Hirata & Ferreira 2001) (Figura 1), e compreende o distrito da Barra Funda (Figura 2), zona oeste de São Paulo. A principal forma de acesso é pela Avenida Presidente Castelo Branco (Figura 2). A área de estudo também incluiu as proximidades a leste, sul e oeste do distrito, de acordo com a disponibilidade de poços em operação.



Figura 1. Localização da área de estudo no contexto do município de São Paulo e da Bacia do Alto Tietê. Adaptado de Martins (2008).

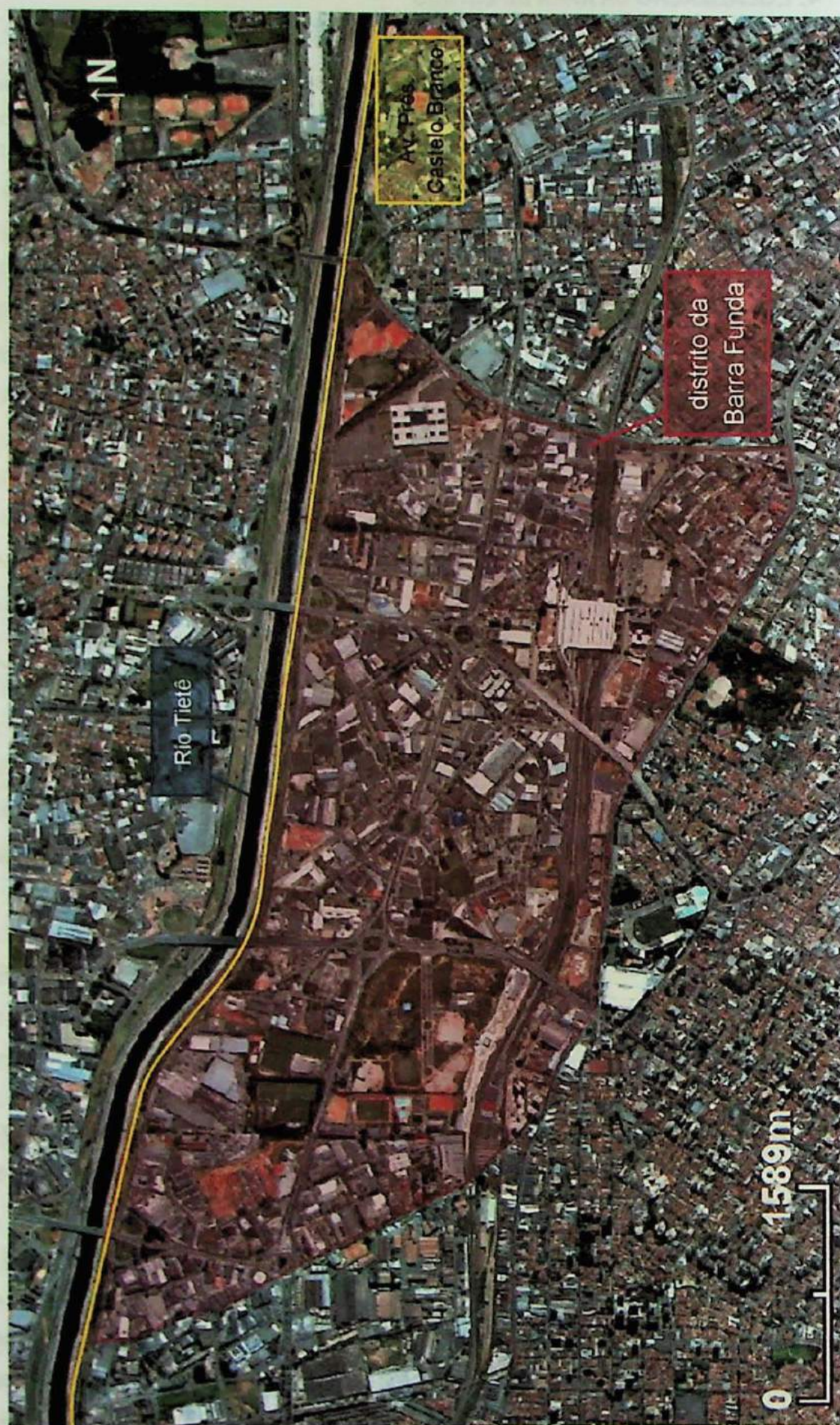
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As pesquisas bibliográficas abrangeram diversos temas do presente trabalho:

- flúor: geoquímica; ocorrências nas rochas e na água, e relações com a saúde humana;
- distrito Barra Funda: histórico de ocupação e possíveis fontes antrópicas de contaminação;
- geologia regional: com enfoque no embasamento e nos sedimentos da BSP, destacando as possíveis fontes naturais de flúor, e na BAT, descrevendo os aquíferos;
- isótopos de estrôncio, hidrogênio e oxigênio, além dos respectivos métodos de análise.

Os referidos tópicos são apresentados nos itens a seguir.

Figura 2. Arredores do distrito Barra Funda, zona oeste de São Paulo. Imagem de satélite adaptada do software Google Earth (GOOGLE 2009).



no início do ciclo. A transmissão para a atmosfera se dá essencialmente por emissões vulcânicas, passando para a hidrosfera na condensação.

5. 1. 2. Ocorrência nas rochas

O flúor é em geral encontrado combinado a outros elementos, fazendo parte da estrutura cristalina de minerais. Esse elemento também ocorre no estado gasoso em diversas áreas de atividade vulcânica. Assim, durante a evolução magmática, o flúor constitui-se, caracteristicamente, como componente da fase volátil, concentrando-se nas fases finais dessa evolução: em rochas alcalinas, carbonatitos, depósitos hidrotermais, zonas de alteração (inclusive *greisens*) e pegmatitos. Rankama & Sahama (1950) e Goldschmidt (1958) apontam a flúor-apatita como o mineral contendo flúor mais comum em rochas magmáticas. Dardenne *et al.* (1997), estudando depósitos minerais brasileiros, indicam que a fluorita seja o mais recorrente.

Em depósitos minerais pneumatolíticos, o fluoreto é originado a partir de reações químicas entre os compostos voláteis originados durante magmatismo, degaseificação ou metamorfismo de contato (Goldschmidt 1958). Nesses depósitos, os principais minerais portadores de fluoreto são o topázio e a turmalina.

A distribuição do flúor nos solos é irregular, o que se deve, principalmente, à grande solubilidade de seus sais. Assim, os resíduos sedimentares tornam-se empobrecidos em fluoreto. Esse elemento ocorre nos sedimentos em especial devido à presença de fragmentos de minerais mais resistentes portadores de flúor, dentre os quais se destaca a flúor-apatita nos arenitos, e micas, topázio e apatita em sedimentos clásticos (Apambire *et al.* 1997).

Algumas argilas também apresentam flúor em sua estrutura, graças ao mecanismo de troca aniônica. Tais trocas são favorecidas por íons de oxigênio e de fluoreto apresentarem dimensões semelhantes, de modo que o fluoreto (F^-) pode substituir uma hidroxila (OH^-) no retículo cristalino das argilas. A caolinita, bastante comum em regiões tropicais úmidas, é um exemplo de argilomineral que pode efetuar trocas aniônicas e incorporar flúor na sua estrutura (Brown 1972). Nas micas, esse tipo de substituição também pode ocorrer, total ou parcialmente.

Segundo Dardenne *et al.* (1997), há diversos tipos de soluções capazes de transportar flúor durante a formação de depósitos minerais, entre eles: (1) água do mar e soluções ligadas à diagênese precoce; (2) águas conatas e fluidos de compactação de sedimentos, ou de fase mais avançada da sedimentação, ou de hidrotermalismo em bacias sedimentares; (3) fluidos hidrotermais relacionados a ambientes compressivos ou distensivos, de origem magmática, meteórica ou de mistura de ambas; (4) água metamórfica expulsa durante as reações de desidratação.

5. 1. 3. Ocorrência na Água

A origem do fluoreto na água subterrânea, como observada na região de estudo, é ainda uma questão pouco compreendida. Em geral, a concentração natural do flúor na água subterrânea é menor que 1mg/L, embora possam ser encontradas ocorrências de concentrações naturais mais elevadas – como em águas do Sistema Aquífero Guarani, na região do Pontal do Paranapanema (SP), onde são observadas concentrações superiores a 12 mg/L (Silva 1983, Perroni *et al.* 1985).

Nos últimos anos, diversos estudos indicaram ocorrências de altas concentrações de fluoreto em águas subterrâneas ao redor do mundo: Datta *et al.* (1996), Travi & Chernet (1998), Jacks *et al.* (2005), Guo *et al.* (2007), Msonda *et al.* 2007, Leybourne *et al.* (2008). Na Tanzânia, diversas regiões são afetadas por elevados teores de fluoreto, valores atribuídos a processos geológicos como atividade vulcânica, fontes termais e ocorrência de minerais portadores do íon, como fluorita e apatita (Mjengera & Mkongo 2002, *apud* Msonda *et al.* 2007). No Sri Lanka, por sua vez, a presença de fluoreto é controlada por fatores geográficos relacionados a condições climáticas, sendo as altas concentrações de fluoreto restritas às zonas secas da porção leste da ilha (Agrawal 1997, *apud* Msonda *et al.* 2007).

A presença de fluoreto na hidrosfera depende de fatores como temperatura, pH, presença ou ausência de complexos ou íons precipitados e colóides, solubilidade dos minerais portadores de flúor, capacidade de troca aniônica dos materiais do aquífero, tamanho e tipo das formações litológicas que compõem o aquífero, e tempo em que a água fica em contato com as formações (Apambire *et al.* 1997). A ocorrência de fluoreto na água é em geral atribuída ao intemperismo de rochas ígneas (Fraga 1992), embora também possa estar associada à presença de fluidos hidrotermais, podendo fazer parte da composição de diversos minerais, como fluorita, apatita, anfibólios, micas e argilominerais. Datta *et al.* (1996) indicam também partículas em emissões de indústrias de ferro, alumínio, vidro, fertilizantes fosfatados, tijolos e telhas como possíveis fontes de fluoreto. Perroni *et al.* (1985) mostram que, no Estado de São Paulo, os teores de fluoreto são correlacionáveis com a salinidade e o caráter alcalino da água (proporcionalidade direta).

A solubilidade da fluorita é diretamente proporcional à temperatura e ao pH das soluções (Goñi *et al.* 1973, *apud* Ribeiro 1992): a 20°C, o produto de solubilidade da fluorita na água é $3,9 \cdot 10^{-11}$ mol/L (Andreazzini *et al.* 2008), e a 25°C é $10^{-10,57}$ mol/L (Celligoi 1999).

5. 1. 4. Flúor e a saúde humana

É amplamente conhecido o efeito benéfico do flúor na prevenção de cáries dentárias (efeito cariostático). A ação do flúor manifesta-se, em especial, através de: (1) redução da solubilidade do esmalte dos dentes e promoção de remineralização, alterando a morfologia dos dentes, (2) retardamento do crescimento de placas bacterianas e (3) favorecimento da precipitação de fosfato de cálcio sobre o esmalte dos dentes.

Entretanto, a ingestão de flúor em quantidade relativamente grande pode ser prejudicial à saúde. Tais efeitos tóxicos são conhecidos por fluorose, e constituem-se em alterações fisiológicas, em especial nos dentes (fluorose dentária) e nos ossos (fluorose esquelética). Diversos estudos, existentes desde a década de 1930 (Dean 1938), indicam que tais problemas são mais comuns em regiões com altas concentrações de fluoreto no solo e/ou na água. A exposição a níveis elevados de flúor na água também pode ser indireta, como através do consumo de alimentos produzidos utilizando-se água fluoretada (Cangussu *et al.* 2002).

Em geral, a maior ingestão de flúor é através de alimentos, com menor contribuição da água para beber e de dentifrícios (WHO 2004). Entretanto, em locais em que a água é naturalmente enriquecida em fluoreto, a água para beber torna-se uma importante fonte do elemento.

A concentração de fluoreto na água para consumo humano varia conforme a região (WHO 2004). Para áreas temperadas, concentrações abaixo de 1,5 a 2mg/L não costumam causar problemas de fluorose dentária. Em áreas mais quentes, porém, a fluorose dentária pode ocorrer relacionada a concentrações menores de fluoreto na água, graças à maior quantidade de água consumida (WHO 2004). Assim, desde 1984, a WHO determina o limite de potabilidade de flúor na água de acordo com as condições climáticas, sendo adotado como diretriz (média) o valor de 1,5mg/L (WHO 2008). No Brasil, o limite de potabilidade de flúor estabelecido pela Portaria nº518/2004 do Ministério da Saúde é de 1,5mg/L. O flúor pode ser adicionado à água durante seu tratamento, como é o caso da água distribuída pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), na qual é adicionado 0,7mg/L de flúor (SABESP [s.d.]).

A toxicidade aguda em geral é resultante da ingestão de uma grande dose de fluoreto, podendo causar anomalias gastrointestinais, hipocalcemia, nefroses e choques (Hodge & Smith 1965, *apud* Ribeiro 1992). A toxicidade do fluoreto agrava-se em pessoas com deficiência de cálcio e má nutrição (Singh & Clifford 1984, *apud* Ribeiro 1992).

Segundo a WHO, de modo geral, concentrações de fluoreto abaixo de 0,5mg/L na água para consumo pode favorecer cáries dentárias, enquanto quantidades entre 0,5 e 1,0mg/L promovem a saúde dos dentes. Ingerir água com 1,5 a 4,0mg/L desencadeia o desenvolvimento de fluorose dentária; concentrações acima de 4,0mg/L provocam fluorose dentária, esquelética e casos mais sérios da doença. A fluorose dentária afeta, em especial, os dentes em crescimento, motivo pelo qual crianças com até sete anos de idade são mais vulneráveis (Murray 1986, *apud* Msonda *et al.* 2007).

Diante da possibilidade de desenvolvimento de problemas de saúde em virtude da ingestão de água com valores anômalos de fluoreto, evidencia-se a importância de estudos como o presente trabalho, que investigam a origem de tais concentrações elevadas.

5. 2. Geologia Regional

5. 2. 1. Geologia da Bacia de São Paulo

A região de estudo localiza-se na Bacia Sedimentar de São Paulo (BSP), constituída por depósitos cenozóicos assentados sobre um embasamento cristalino pré-cambriano (Figuras 4 e 5).

Coutinho (1968) caracterizou as rochas pré-cambrianas de São Paulo e arredores. Descreveu o Grupo São Roque, o Complexo Cristalino e uma faixa gnáissica intermediária. No Grupo São Roque, Coutinho (1968) identificou minerais que podem ser portadores de flúor: biotita, apatita, titanita e turmalina nos metassedimentos; titanita, apatita, biotita e anfibólio nos metabasitos. Os mesmos minerais foram descritos nas rochas do Complexo Cristalino.

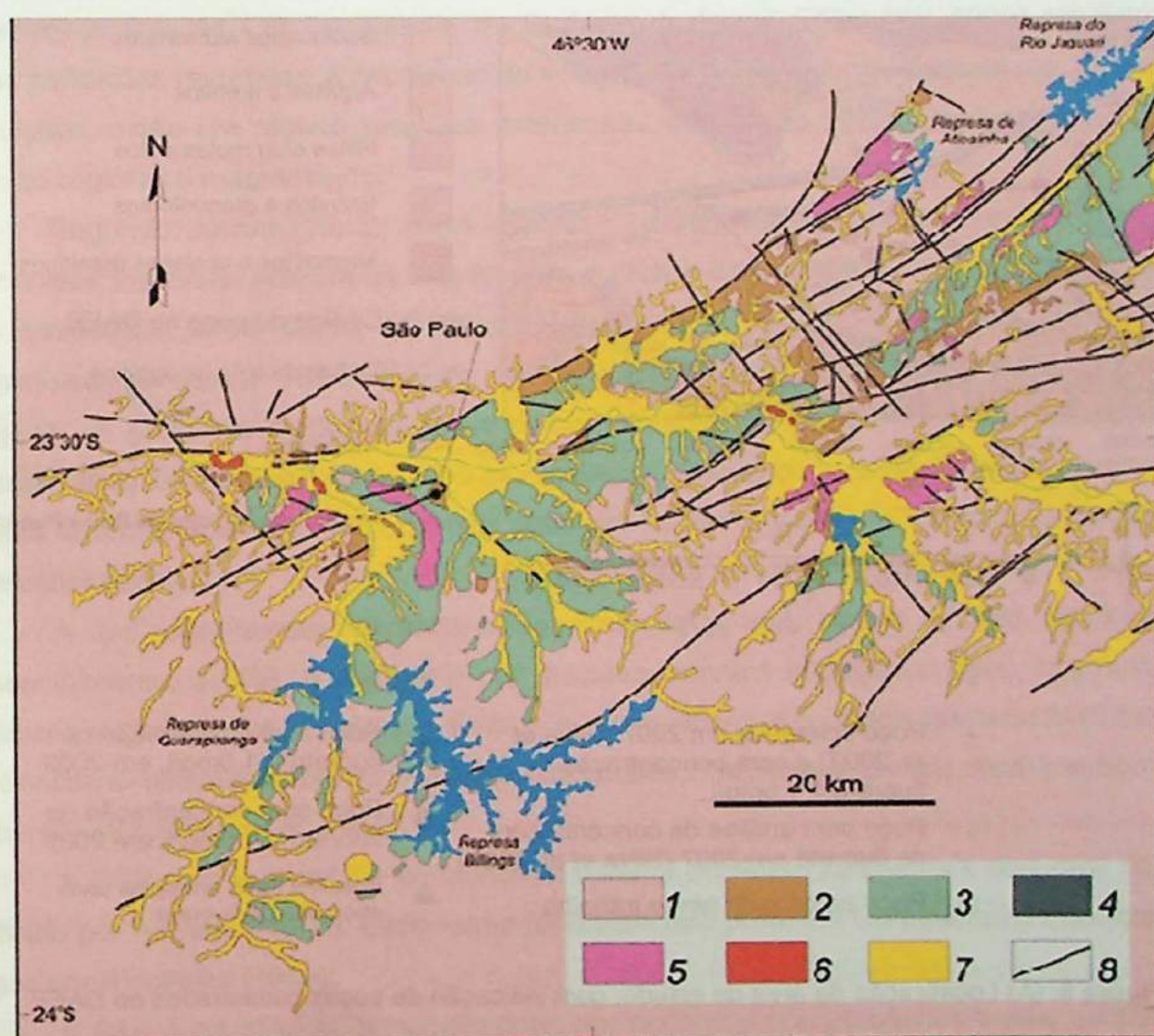


Figura 4. Geologia da Bacia de São Paulo e porção sudoeste da Bacia de Taubaté. Legenda: (1) embasamento pré-cambriano; (2) Formação Resende (sistema de leques aluviais proximais); (3) Formação Resende (sistema de leques aluviais medianos a distais associados a planície aluvial de rios entrelaçados); (4) Formação Tremembé; (5) Formação São Paulo; (6) Formação Itaquaquetuba; (7) sedimentos quaternários; (8) falhas cenozóicas, em parte reativadas do embasamento pré-cambriano. Fonte: Riccomini *et al.* (2004).

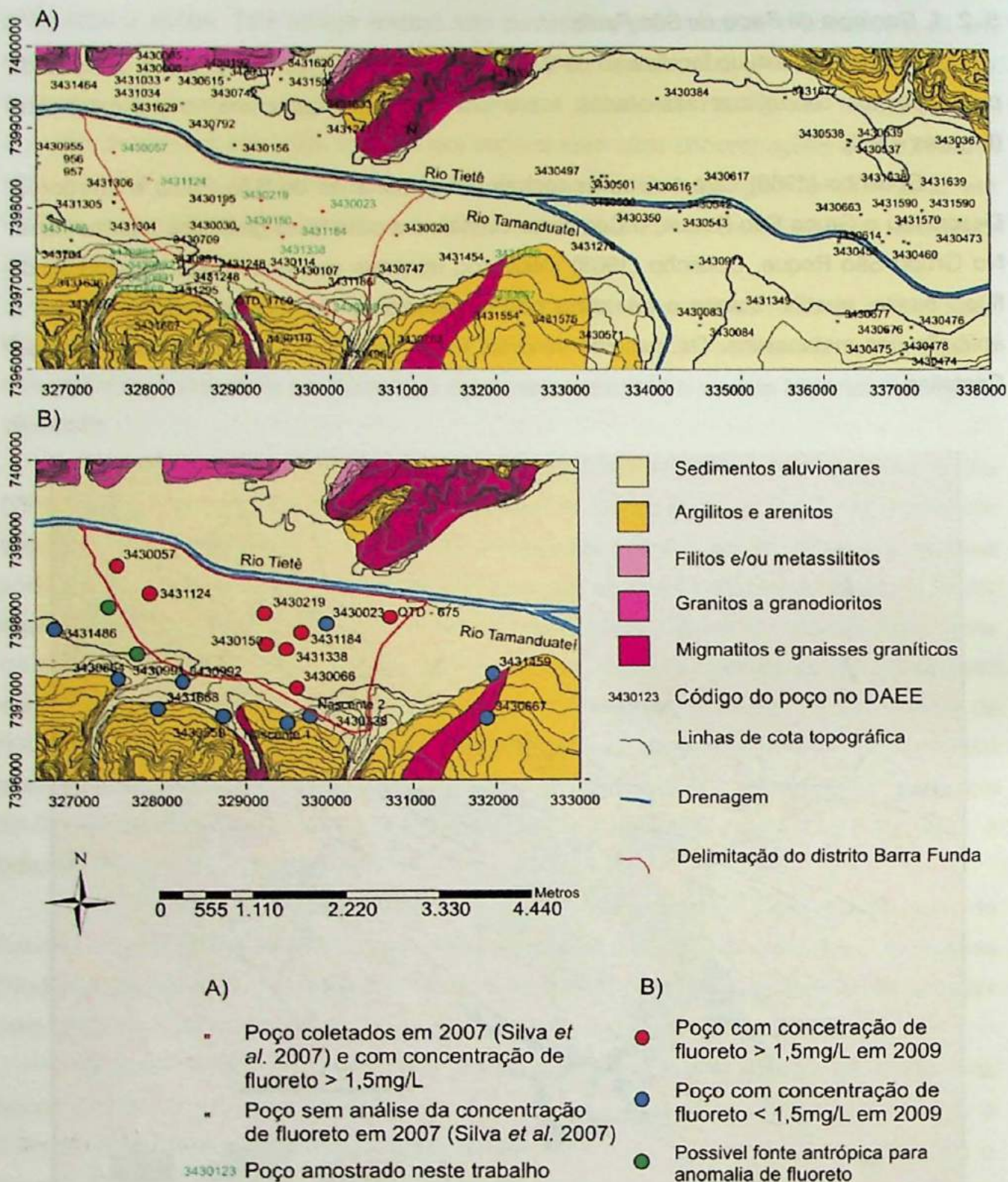


Figura 5. (A) Localização da área de estudo, com indicação de poços cadastrados no DAEE. (B) Destaque da área de estudo.

Fontes: base geológica - Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo – EMLASA (1984); base topográfica - EMLASA (1995). Mapas digitalizados por Diego Pacheco.

O Complexo Cristalino caracteriza-se, segundo Coutinho (1972), pela “associação mica xistos-gnaisses-granitos, ocorrendo em faixas e lentes de direção geral NE-SW,

acrescida de numerosos pegmatitos em determinadas zonas". Os mica-xistos podem ser subdivididos de acordo com a quantidade de muscovita e feldspato (plagioclásio). Os gnaisses, por sua vez, são compostos por quartzo, microclínio, oligoclásio ou andesina, biotita e hornblenda.

Riccomini *et al.* (1988) mostraram indícios de ação hidrotermal em sedimentos conglomeráticos da bacia. Os autores sugeriram a circulação de soluções ácidas aquecidas ($250\pm150^{\circ}\text{C}$), possibilitada pela junção dos falhamentos de Caucaia e Taxaquara sob a BSP, podendo a água ser meteórica ou juvenil. A ocorrência de eventos hidrotermais é importante devido à capacidade de tais soluções mobilizarem o fluoreto contido nas rochas (conforme descrito no subitem 5.1. *Fluoreto*). Sant'Anna (2001) também apontou a ocorrência de cimentação hidrotermal na BSP, mais especificamente na Formação Resende, constituída por caulinita e opala-CT. A autora relata que, durante o desenvolvimento do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini 1989) no Eoceno, havia condições favoráveis à circulação de soluções hidrotermais nos sedimentos. Entre tais condições, estão um regime tectônico extensional de direção ENE-NE, aumento do fluxo térmico regional e magmatismo.

Segundo Juliani (1992), duas unidades geológicas do embasamento cristalino e granitóides intrusivos afloram na Região Metropolitana de São Paulo. Essas duas unidades são separadas pelas falhas de Taxaquara (Hennies *et al.* 1967) e do Rio Jaguari (Cavalcante & Kaefer 1974). Falhas menores e zonas de cisalhamento afetam todo o conjunto. A presença de falhas favorece a percolação de fluidos, inclusive hidrotermais, possibilitando o preenchimento delas por minerais cristalizados a partir desses fluidos. A fluorita é um exemplo de mineral que pode se formar a partir de fluidos hidrotermais e preencher falhas.

A sul das falhas, encontra-se o Grupo Açungui, sobre o qual se localiza, essencialmente, a BSP. É composto por metassedimentos (Complexo Pilar), migmatitos e gnaisses migmatizados (Complexo Embu). A norte, ocorrem terrenos metassedimentares e metavulcano-sedimentares, subdivididas nos grupos São Roque (*sensu strictu*) e Serra do Itaberaba por Juliani *et al.* (1986).

A BSP está inserida no contexto do sistema de *Rifts* Continentais da Serra do Mar definido por Almeida (1976). Esse termo foi modificado para *Rift* Continental do Sudeste do Brasil por Riccomini (1989).

A BSP é constituída, principalmente, por sedimentos argilosos/arenosos, de sistema fluvial, e lamíticos, havendo algumas ocorrências de sedimentos pelíticos lacustres (Jesus 2005). Esse pacote sedimentar é representado pelo Grupo Taubaté, sobreposto pela Formação Itaquaquetuba, e por coberturas neocenozóicas (Riccomini *et al.* 1992). O

Grupo Taubaté é constituído pelas formações Resende (depósitos aluviais), Tremembé¹ (argilas) e São Paulo (depósitos fluviais de sistema meandrante). A Formação Itaquaquetuba corresponde a depósitos fluviais de sistema entrelaçado. Até o início da década de 1980, apenas as Formações São Paulo e Itaquaquetuba haviam sido definidas (Riccomini 1989).

Riccomini (1989), descrevendo o preenchimento sedimentar de bacias no *Rift* Continental do Sudeste do Brasil, identificou a presença de esmectita e illita na BSP (em especial no Grupo Taubaté), ambos minerais que podem portar flúor. Uma relativa abundância de argilas do grupo da esmectita foi descrita por Melo *et al.* (1989), na caracterização da Formação São Paulo, além de finos e feldspatos angulosos e frescos.

As coberturas cenozóicas, por fim, abrangem sedimentos relacionados às planícies de inundação dos rios Tietê, Pinheiros, Juqueri e afluentes. São representadas por colúvios argilo-arenosos, com formação de corpos lenticulares e ocorrência subordinada de aluvião, constituído por conglomerados na base e areias grossas a conglomeráticas com estratificação cruzada no topo (Melo *et al.* 1986).

Corrêa (1984) descreveu os depósitos silticos e arenosos da BSP como constituídos predominantemente por caulinita, com quantidades variáveis de micas, quartzo e gibbsita, além de ocorrências locais de clorita.

Takiya (1997) estudou os depósitos coluviais do Município de São Paulo, e os caracterizou como constituídos por grãos de quartzo e laterita, ocorrendo localmente seixos angulosos a arredondados de quartzo, quartzito e laterita, dispersos em matriz essencialmente argilosa. Turmalina e titanita ocorrem como minerais acessórios. Ainda segundo Takiya (1997), os depósitos aluviais do município podem ser descritos como seqüências granodecrescentes comumente interrompidas, sugerindo diversos ciclos de sedimentação. Tais seqüências são constituídas por quartzo, caulinita e micas.

5. 2. 2. Evolução da Bacia de São Paulo

A BSP é uma bacia tafrogênica, ou seja, sua formação e desenvolvimento foram iniciados por diastrofismo de afundamento crustal. As bacias tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil relacionam-se às movimentações tectônicas iniciadas no Jurássico Superior, denominadas Reativação Waldeniana (Hasui & Cameiro 1980), e sua evolução corresponde, em geral, a etapas tardias deste tectonismo.

O embasamento pré-cambriano da BSP é compartimentado por extensos falhamentos transcorrentes de direção SW-NE, com rejeitos horizontais originados pela tectônica do Cambro-Ordoviciano (Hasui & Cameiro 1980).

¹ A Formação Tremembé foi reconhecida em escavações para a construção da Estação Barra Funda da Cia. do Metropolitano de São Paulo (Riccomini *et al.* 2004), localizada na área do presente estudo. Os dados de sondagem mostram que, no local, a Formação supera 60m de espessura.

No Terciário, a reativação tectônica gerou movimentos verticais, estruturas de *horsts* e *grabens*, parcialmente responsáveis pela instalação da BSP: o arqueamento do embasamento cristalino, com depressão do flanco sudeste, propiciou a deposição de sedimentos (Riccomini *et al.* 1992). O outro fator de formação da Bacia foi o mecanismo de soleiras locais, que induziu uma sedimentação fluvial (Hasui & Carneiro 1980, Riccomini 1989).

Após a fase de sedimentação, os rios Tietê e Pinheiros entalharam os próprios sedimentos (Rocha *et al.* 1989). Posteriormente, o rio Tietê ultrapassou o granito Barueri e penetrou nos domínios serranos de São Roque.

5. 2. 3. Bacia do Alto Tietê

A Bacia do rio Tietê, uma unidade hidrográfica da Bacia do rio Paraná, pode ser dividida em seis sub-bacias: Alto Tietê, Piracicaba, Sorocaba/Médio Tietê, Tietê/Jacaré, Tietê/Batalha e Baixo Tietê (Rede das Águas, 2002a). A BSP está inserida na Bacia do Alto Tietê (BAT) (Rocha *et al.* 1989, Hirata & Ferreira 2001).

A BAT compreende a região entre a nascente do rio Tietê, em Salesópolis, até a Barragem Rasgão, totalizando uma área de 5.985km² (Rede das Águas, 2002b). Grande parte da BAT encontra-se em áreas urbanas (37%), abrangendo 35 municípios (Rede das Águas 2002b, Keck & Jacobi 2002) (Figura 1).

5. 2. 4. Sistemas Aquíferos

As pesquisas hidrogeológicas na BAT tiveram início na década de 1970, sendo desenvolvidos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE 1975). O objetivo era avaliar o potencial exploratório de águas subterrâneas, suas condições de ocorrência e aproveitamento.

Dada as condições geológicas da região, na BAT são definidos dois sistemas aquíferos principais (Hirata & Ferreira 2001): o Sistema Aquífero Cristalino, representado pelo embasamento pré-cambriano, e o Sistema Aquífero Sedimentar, representado pelos sedimentos terciários da BSP (Giancursi & Lopes 1980). Ambos ocorrem na área do presente estudo.

A recarga desses aquíferos ocorre tanto pela água pluvial nas regiões não impermeabilizadas como pelas fugas da rede pública de abastecimento de água e coleta de esgoto (Hirata & Ferreira 2001). Em sua maior parte, inclusive na área de estudo, as águas drenadas dos dois aquíferos fluem na direção do rio Tietê.

Sistema Aquífero Cristalino

Duas unidades hidrogeológicas constituem o Sistema Aquífero Cristalino (SAC). A primeira corresponde ao aquífero de manto de intemperismo, de caráter livre a semi-livre,

heterogêneo e anisotrópico. A água circula por porosidade intergranular ou porosidade secundária. Apresenta espessura média de 50m (Hirata & Ferreira 2001). Na segunda unidade, por outro lado, a circulação de água ocorre através de lineamentos estruturais (falhas, juntas, fraturas) em rocha sã. Esta unidade, portanto, apresenta natureza livre a semi-livre, heterogênea e isotrópica (DAEE 1975, Parisot 1983, Bertolo 1996). A zona de transição normalmente apresenta valores mais elevados de permeabilidade (Rocha *et al.* 1989).

Hirata & Ferreira (2001), ainda, dividiram o SAC conforme suas características litológicas em: Aquífero de Rochas Granitóides (associado a rochas granitóides e filitos) e Aquífero de Rochas Metamórficas (associado a rochas metamórficas).

Sistema Aquífero Sedimentar

O Sistema Aquífero Sedimentar (SAS), embora ocupe apenas 25% da BAT, é mais importante em relação ao SAC, pois é mais explorado e abriga a maior parte da Região Metropolitana de São Paulo (CETESB 2005). Caracteriza-se por ser um aquífero semi-confinado a livre, heterogêneo, anisotrópico e de porosidade primária. A heterogeneidade é retratada nos trabalhos de Chiossi (1974 e 1980), em que é indicada a existência de diversos aquíferos suspensos independentes, por meio de análises de sondagens geotécnicas rasas executadas para a construção de linhas metroviárias.

O SAS é formado por sedimentos do Grupo Taubaté (Formações Resende, Tremembé e São Paulo) e pela Formação Itaquaquecetuba. Foi dividido em duas unidades por Hirata & Ferreira (2001), conforme suas características hidráulicas: Aquífero Resende e Aquífero São Paulo. Estes estão associados às formações geológicas homônimas, e apresentam as seguintes vazões específicas: Aquífero São Paulo, $Q/s = 0,48 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$; Aquífero Resende: $Q/s=0,91 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ (Hirata & Ferreira 2001). A maior produtividade está relacionada às áreas de maior espessura saturada e predominância da Formação Resende em relação à Formação São Paulo (Hirata & Ferreira 2001).

5. 3. Distrito Barra Funda

A área do presente estudo corresponde ao distrito da Barra Funda, que engloba os bairros da Barra Funda e da Água Branca, na zona oeste de São Paulo (Figuras 1 e 2), e arredores. É delimitado a norte pela Avenida Presidente Castelo Branco e pelo rio Tietê (Figura 2), a sul pela Avenida Francisco Matarazzo, a oeste pela Avenida Santa Marina, e a leste pela Avenida Pacaembu.

O nome *Barra Funda* possui mais de uma possível origem, conforme sugerem Brunelli *et al.* (2006): (1) italiana, derivado de *bara fonda*, que vem de *baraonda* ou *barafonda*, os quais significam "lugar de bastante confusão", na linguagem de Dante; (2) *barra* significa um "lugar perto do rio"; no final do século XIX, havia muitos portos de areia

nas partes baixas do rio Tietê, aos quais só era possível chegar passando por declives, de modo que eram chamados "barra baixa" ou "barra funda"; (3) o nome está relacionado ao alagamento provocado pelo rio Tietê e à retirada de areia de suas margens, processo que as tornou profundas.

O bairro da Barra Funda originalmente correspondia à parte da Chácara do Carvalho, de Antônio da Silva Prado, conhecido como Barão de Iguape (Brunelli *et al.* 2006, Pires [s.d.]). O loteamento da propriedade, nas últimas décadas do século XIX, originou, além do bairro da Barra Funda, parte dos bairros Casa Verde e Freguesia do Ó.

Após o loteamento, imigrantes italianos foram os primeiros a ocupar a região, trabalhando como operários. A ocupação esteve essencialmente associada à construção de estradas de ferro para o escoamento da produção de café na cidade (Pires [s.d.]). A inauguração da Estação Barra Funda da Estrada de Ferro Sorocabana, em 1875, contribuiu com o desenvolvimento do bairro (Brunelli *et al.* 2006). O primeiro bonde elétrico de São Paulo foi instalado em 1900, ligando a Barra Funda à região central da cidade (Brunelli *et al.* 2006).

A Barra Funda caracterizava-se por ser um bairro misto, com área industrial e habitações operárias (Brunelli *et al.* 2006). Havia pequenas fábricas de caráter doméstico, as quais produziam massas, óleo e tinta de escrever; e grandes fábricas como a Fábrica de Vapor de Tecido e Fiação de Corda e Barbante, de Enrico Maggi. Indústrias de grande porte – têxteis, químicas e metalúrgicas – começaram a ser transferidas para a Barra Funda (ainda com pouca densidade industrial) porque não tinham mais espaço para expansão em locais da cidade em que haviam se adensado e valorizado muito os terrenos (Brunelli *et al.* 2006).

O desenvolvimento comercial do bairro, associado à grande facilidade de transporte e à proximidade dos bairros elitizados de Higienópolis e Campos Elísios, atraiu parte da elite paulista da indústria e do café para a região entre a linha férrea e as margens do rio Tietê, a Barra Funda de baixo, onde instalaram suas indústrias, passando a habitar a região entre a linha de trem e os Campos Elísios, denominada Barra Funda de cima (Pires [s.d.]). Além disso, a proximidade com o parque industrial das Indústrias Reunidas Francisco Matarazzo (IRFM), instalado em 1920 no bairro da Água Branca, contribuiu com o desenvolvimento local. É relevante ressaltar que a energia nas IRFM era produzida através da queima de carvão em fomalhas, sendo os gases produzidos expelidos por três grandes chaminés (Casa das Caldeiras [s.d.]).

A crise de 1929, entretanto, resultou no fechamento de indústrias e deslocamento da elite da região, restando indústrias artesanais como oficinas, marcenarias e serrarias ou indústrias alimentícias e têxteis de pequeno porte (Pires [s.d.]). As grandes casas da classe média cafeeira foram abandonadas e, com o passar do tempo, transformaram-se em cortiços (Brunelli *et al.* 2006, Pires [s.d.]).

Na década de 1980, a finalização das obras do Terminal Intermodal Barra Funda e do Memorial da América Latina trouxeram novo desenvolvimento ao bairro. Em 1995, instalou-se a Rede Record e, em suas proximidades, o Parque Industrial Thomas Edison e o Centro Empresarial Água Branca, inaugurado em 2001 (Pires [s.d.]).

Analisando-se a história de ocupação do distrito da Barra Funda, nota-se que a atividade industrial teve seu início associado à instalação de vias férreas, no final do século XIX. Seu auge foi nas duas primeiras décadas do século XX, destacando-se a instalação das IRFM. Entretanto, a atividade industrial na região sofreu uma forte queda em 1929, e sua recuperação deu-se realmente apenas na década de 1980. Considerando-se que as análises químicas que detectaram anomalias de fluoreto na água subterrânea em poços do distrito foram feitas entre 1990 e 2009 pela CETESB e pela COVISA, e que as maiores concentrações do íon foram encontradas no aquífero profundo, no Sistema Aquífero Cristalino, é razoável supor que teriam sido as indústrias instaladas na década de 1920 (e não as mais recentes) as responsáveis por gerar fontes de poluição, devido ao tempo de trânsito do(s) contaminante(s). Entretanto, seria esse período, de no máximo 80 a 90 anos, suficiente para que a contaminação atingisse níveis tão profundos (maiores que 150m) e praticamente não fosse mais detectada em níveis mais rasos? Talvez este seja um indicador de que os valores anômalos de fluoreto encontrados sejam de origem natural, e não antrópica.

5. 4. Isótopos

5. 4. 1 Isótopos de estrôncio

A distribuição do estrôncio na natureza e suas propriedades geoquímicas foram bastante estudadas entre 1934 e 1965 (Faure & Powell 1972). A abundância desse elemento nas rochas depende da intensidade com que o Sr^{2+} (raio iônico de 1,27Å) substitui o Ca^{2+} (raio iônico 1,06 Å) nos minerais cálcicos e da intensidade com que o feldspato potássico captura o Sr^{2+} em detrimento do K^+ . McNutt (2000) indica como importantes minerais silicáticos portadores de estrôncio: feldspatos (plagioclásio e feldspato potássico), hornblendas, micas (biotita e muscovita) e argilominerais.

O estrôncio se concentra em alguns magmas residuais da cristalização fracionada, como os magmas graníticos e sieníticos, ricos em minerais potássicos, como feldspato potássico (Goldschmidt 1958). O aumento relativo da concentração do estrôncio torna possível a formação de minerais de estrôncio em depósitos hidrotermais e rochas carbonáticas (Faure & Powell 1972).

O estrôncio possui quatro isótopos estáveis: ^{88}Sr , ^{87}Sr , ^{86}Sr e ^{84}Sr . As abundâncias desses isótopos no planeta são, respectivamente, 82,5%, 7%, 9,9% e 0,6% (Faure & Powell 1972). O ^{87}Sr é um isótopo radiogênico, formado pelo decaimento radioativo do rubídio (^{87}Rb), através da equação: $^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr} + \beta^-$. É relevante apontar, ainda, que a composição

isotópica de estrôncio não é constante na natureza, isto é, depende da razão Rb/Sr do material amostrado (Faure & Powell 1972). Por convenção, os dados de ^{87}Sr são apresentados como razão em relação ao isótopo estável ^{86}Sr , ou seja, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. A evolução do Sr no tempo geológico, para determinado material, supondo-se um sistema fechado, é dada pela equação:

$$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{amostra}} = (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{inicial}} + (^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})_{\text{amostra}} (e^{\lambda t} - 1)$$

em que λ é a constante de desintegração do Rb ($=1,42 \cdot 10^{-11} \text{anos}^{-1}$) e t é o tempo decorrido desde o fechamento do sistema.

Segundo Goldschmidt (1958), quantidades significativas de estrôncio são introduzidas em soluções aquosas geneticamente relacionadas a rochas ígneas (sin-magmáticas), o que é evidenciado pela presença de estrôncio em muitos depósitos minerais hidrotermais, que contêm não apenas zeólitas cálcicas, mas também calcita e especialmente aragonita. O carbonato de estrôncio puro, estrontianita, e o sulfato anidro, celestita, são freqüentemente associados a processos hidrotermais pós-magmáticos.

O estrôncio é liberado das rochas através da ação intempérica, alcançando rios e oceanos. Esta é a principal forma pela qual o estrôncio é adicionado ao ciclo hidrológico (Banner 2004). Desse modo, a composição isotópica da água subterrânea tende a refletir a dos minerais solúveis capazes de realizar trocas químicas com a água (Voerkelius, no prelo). Em solução, o estrôncio comporta-se de maneira semelhante ao cálcio (Bullen & Kendall 1998).

O estrôncio é retirado dos oceanos em especial pela precipitação de carbonatos, mas também pode ser transferido para a atmosfera e, através da precipitação, para os continentes (Capo *et al.* 1998). Este último processo, entretanto, não é muito eficiente, dado que o estrôncio não é um elemento muito volátil, de modo que águas pluviais apresentam baixa concentração de estrôncio (Banner 2004). Além disso, as concentrações de estrôncio diminuem em direção ao interior do continente, regionalmente havendo maiores concentrações, atribuíveis a partículas de solo calcárias trazidas pelo vento ou a emissões particuladas de fontes industriais (Banner 2004). Capo *et al.* (1998) indicam que não há influência significativa de processos biológicos envolvendo metabolismo vegetal ou animal no fracionamento (ver subitem 5. 4. 3. *Isótopos estáveis*) de isótopos de estrôncio.

Nas águas superficiais, a composição isotópica de estrôncio reflete um controle pela geologia da área drenada por tais águas (Banner 2004). Nas águas subterrâneas, a relação rocha-água ocorre de modo semelhante, embora neste caso possa haver uma maior influência sobre a composição isotópica da água, como consequência da maior temperatura, pressão e força iônica das águas subterrâneas mais profundas, do longo tempo de trânsito e

da maior razão entre superfície do mineral e volume de água subterrânea, em relação à mesma razão observada para a água superficial (Banner 2004).

[Em aquíferos, há estudos que mostram que os isótopos de estrôncio são úteis para definir a influência de diversos fatores sobre as reações ocorridas na água, isto é, as reações entre compostos dissolvidos (Banner 2004). Entre tais fatores, estão: litotipo onde a água percola, o clima da área de recarga, o tipo e a espessura do solo, a vegetação e as possíveis influências antropogênicas, uma vez que estes impõem a sua abundância relativa e isotópica na água percolante (Banner 2004). Além disso, os isótopos de estrôncio não sofrem fracionamento em processos naturais sob condições superficiais (Capo *et al.* 1998, Banner 2004), o que torna sua razão isotópica propícia para traçar suas diferentes fontes, para avaliação de mistura de águas subterrâneas e para estudar o estado de equilíbrio entre a água subterrânea e os minerais e rochas portadores de estrôncio. Um balanço de mistura preciso pode ser estabelecido para dois aquíferos *end members* com valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ distintos.]

5. 4. 2. Espectrômetria de massa

O uso de isótopos radiogênicos como ferramentas de datação ou traçadores (como é o caso do presente estudo) implica em sua separação por massa dos isótopos não radiogênicos, em um espectrômetro de massa (Dickin 2005). A idéia de separar cátions conforme sua massa foi inicialmente proposta por J. J. Thompson (Dickin 2005, Allègre 2008) e F. Aston (Allègre 2008), no início do século XX. Atualmente, o método usual de ionizar uma amostra no espectrômetro de massa consiste, essencialmente, em seu aquecimento sob vácuo.

O equipamento utilizado nas análises do presente trabalho é o denominado espectrômetro de massa por ionização térmica (*thermal-ionisation mass spectrometry*, TIMS), do CPGeo, IGc-USP.

Princípio do espectrômetro de massa

Os átomos do elemento cuja composição isotópica será medida são ionizados em uma câmara de vácuo (Allègre 2008). No caso do TIMS, a ionização é feita a partir do aquecimento de uma amostra purificada disposta em um filamento metálico (Dickin 2005). Os íons produzidos são então acelerados por uma diferença de potencial, produzindo uma nuvem de íons e, conseqüentemente, uma corrente elétrica, passando por um campo magnético. O campo magnético exerce uma força perpendicular à corrente iônica, curvando o feixe de íons. Os íons mais leves são mais defletidos que os mais pesados, de modo que eles podem ser separados conforme sua massa (Allègre 2008). A abundância relativa de cada isótopo pode ser medida a partir das correntes eletrônicas produzidas por cada nuvem de íons.

Componentes do espectrômetro de massa

Os principais componentes do espectrômetro de massa são a fonte, o ímã e os sistemas de coleta e de medida, sendo todos mantidos sob vácuo (Figura 6), único meio no qual os íons podem se propagar da fonte ao coletor sem perda de carga (Allègre 2008).

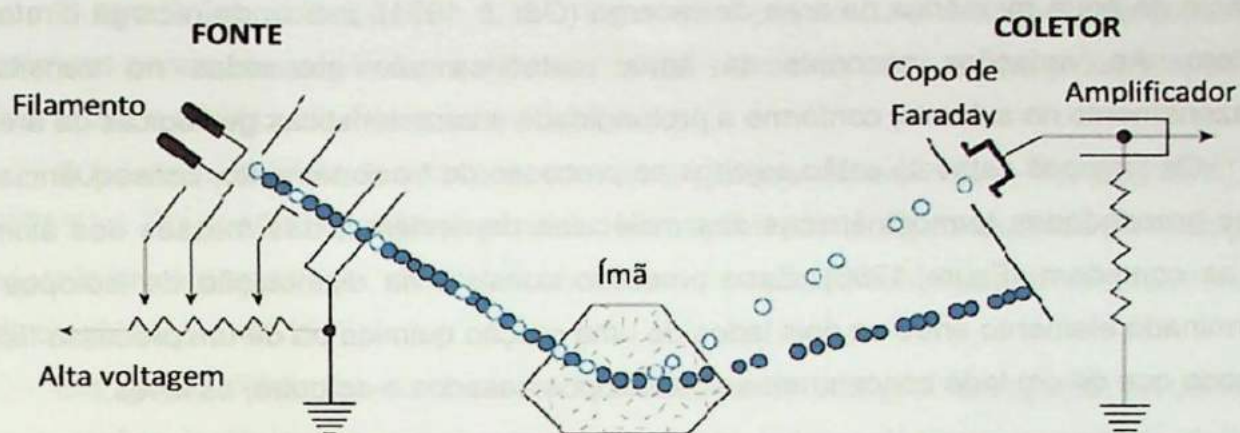


Figura 6. Esquema dos principais componentes do espectrômetro de massa. Os íons mais leves (círculos brancos) são mais desviados do que os íons mais pesados (círculos azuis).

Fonte: Allègre (2008).

A fonte é responsável por: (1) gerar os íons a partir dos átomos, (2) acelerar os íons por diferença de potencial entre as placas que o constituem, (3) dar forma ao feixe de íons.

O ímã, por sua vez, provoca a deflexão dos íons, separando-os conforme sua massa.

Os coletores coletam e integram as cargas dos íons, gerando uma corrente elétrica. Logo após os coletores, há uma fenda que isola o feixe de íons mais leves e os dirige para o sistema de medidas.

Preparação química

Na maioria das técnicas de espectrometria de massa, a separação química é empregada antes das análises a fim de purificar o elemento cuja composição isotópica está sendo estudada (Allègre 2008). Em geral, os elementos a serem medidos são traços, devendo ser separados dos elementos maiores, os quais teriam maior tendência a ionizar-se (Allègre 2008). Como a leitura é feita a partir da massa dos elementos ionizados, a não purificação da amostra acarretaria na leitura de elementos não desejados (Banner 2004).

5. 4. 3. Isótopos Estáveis

Isótopos estáveis são aqueles que não sofrem decaimento radioativo nem são originados por tal processo. O termo "isótopos ambientais", por sua vez, está relacionado a

isótopos naturais de elementos encontrados em abundância no ambiente, como H, C, N, O e S (Clark & Fritz 1997). Tratam-se dos principais elementos nos sistemas hidrológico, geológico e biológico. Tais isótopos, além da proveniência e idade da água subterrânea, fornecem também indicações sobre a qualidade da água subterrânea, sua evolução geoquímica, processos de recarga, a origem da salinidade e processos contaminantes.

De modo geral, a água subterrânea reflete a composição isotópica de hidrogênio e oxigênio da água meteórica na área de recarga (Gat Jr 1971), indicando recarga direta do aquífero. As variações sazonais da água meteórica são atenuadas no trânsito e armazenamento no subsolo, conforme a profundidade e características geológicas da área.

Os isótopos estáveis estão sujeitos ao processo de fracionamento, consequência de certas propriedades termodinâmicas das moléculas dependerem das massas dos átomos que as compõem (Faure 1986). Esse processo consiste na distribuição de isótopos de determinado elemento entre os dois lados de uma reação química ou de um processo físico, de modo que de um lado concentram-se os isótopos pesados e do outro, os leves.

Hidrogênio

No início do século XX, acreditava-se que o hidrogênio não apresentasse isótopos; conhecia-se apenas a forma ^1H (Hoefs 1997). Em 1932, Urey e outros cientistas encontraram um isótopo estável, pesado, que foi denominado deutério (^2H ou D). Mais tarde, descobriu-se a existência de um segundo isótopo, o trítio (^3H ou T), radioativo. O isótopo de hidrogênio mais abundante é o ^1H (99,9845%) (Mook 2000), os demais ocorrendo em menores quantidades: ^2H (0,0155%) e ^3H ($<10^{-17}\%$).

Os isótopos de hidrogênio apresentam diversos aspectos interessantes que podem ser aproveitados em pesquisas. Entre eles, está a maior diferença de massa entre os isótopos (Hoefs 1997), de modo que os raios dos isótopos de hidrogênio apresentam a maior variação entre todos os elementos. Além disso, o hidrogênio é abundante nas formas H_2O , OH^- , H_2 e CH_4 , inclusive a grandes profundidades no manto terrestre, sendo possível sugerir que o hidrogênio tenha maior participação, direta ou indireta, em muitos processos geológicos (Hoefs 1997).

Por ser parte da molécula da água, o hidrogênio constitui um importante traçador do comportamento da água no ciclo hidrogeológico. A razão entre o ^1H e o D (expresso em δD , que compara essa razão com a de um padrão internacional) permite identificar áreas de recarga do aquífero, proveniência de águas ou mesmo misturas de águas (Clark & Fritz 1997). No presente trabalho, os isótopos de hidrogênio foram utilizados para a investigação de fontes de água contaminadas e não contaminadas.

Abundância em D é observada em águas superficiais em que a evaporação é intensa, enquanto baixos conteúdos de D são encontrados no gelo polar (Mook 2000).

Oxigênio

O oxigênio é o elemento mais abundante na Terra, participando de materiais nos três estados físicos da matéria (Hoefs 1997). A geoquímica do oxigênio está direta ou indiretamente relacionada à geoquímica de outros elementos, particularmente do hidrogênio, carbono, enxofre e outros com diversos estágios de oxidação (Goldschmidt 1958). Em muitos casos, processos biológicos estão envolvidos na geoquímica do oxigênio.

O raio iônico do oxigênio é 1,32Å. Esse valor possibilita a existência de substitutos isomórficos para o íon oxigênio em retículos cristalinos de minerais, como o fluoreto, de raio iônico 1,33Å, e a hidroxila, de raio entre 1,3Å e 1,5Å.

O oxigênio possui três isótopos, com as seguintes abundâncias: ^{16}O (99,763%), ^{17}O (0,0375%) e ^{18}O (0,1995%). São diversas as aplicações dos isótopos estáveis de hidrogênio e oxigênio em hidrogeologia, dada sua abundância e relativa simplicidade de determinação analítica (Clark & Fritz 1997).

Em geral, determina-se a razão $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$. Assim como o hidrogênio, a utilização dessas razões isotópicas é importante para estudos hidrogeológicos, permitindo definir a proveniência das águas, as áreas de recarga ou misturas de águas.

A determinação da fonte da água é possível devido à proporção de isótopos de oxigênio pesados e leves variar conforme a fonte, normalmente por diferença de fracionamento, associada a diferentes ambientes (fontes) de temperatura e posição geográfica distintas (Mook 2000). Por exemplo, durante a evaporação, águas superficiais (rios ou lagos) tornam-se ricas nos isótopos pesados, à medida que o vapor (que deixa essa água) enriquece nos isótopos leves (Gonfiantini *et al.* 1998, Mook 2000). A mesma água que evapora será posteriormente precipitada como chuva, e irá recarregar o aquífero, atribuindo à água subterrânea razão isotópica diferente da água superficial. Desse modo, a infiltração de água superficial irá resultar na mudança da assinatura isotópica da água subterrânea.

Razões isotópicas

Devido à existência de três isótopos estáveis de oxigênio e dois isótopos estáveis de hidrogênio, as moléculas de água apresentam nove possíveis configurações isotópicas, cujas massas são aproximadamente o número de massa dos átomos (Faure 1986): H_2^{16}O (18), H_2^{17}O (19), H_2^{18}O (20), HD^{16}O (19), HD^{17}O (20), HD^{18}O (21), D_2^{16}O (20), D_2^{17}O (21) e D_2^{18}O (22). O vapor d'água é enriquecido em ^{16}O e ^1H , enquanto o líquido remanescente encontra-se enriquecido em ^{18}O e D. Isso se deve à energia de ativação para os isótopos leves ser menor do que a dos pesados, de modo que os leves atingem primeiro a energia necessária para a mudança de estado e se concentram no vapor.

Razões isotópicas de hidrogênio (δD) e oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) são calculadas através das seguintes fórmulas:

$$\delta D (\text{‰}) = \left[\frac{(D/H)_{\text{amostra}} - (D/H)_{\text{VSMOW}}}{(D/H)_{\text{VSMOW}}} \right] \cdot 10^3$$

e

$$\delta^{18}O (\text{‰}) = \left[\frac{(^{18}O/^{16}O)_{\text{amostra}} - (^{18}O/^{16}O)_{\text{VSMOW}}}{(^{18}O/^{16}O)_{\text{VSMOW}}} \right] \cdot 10^3$$

em que VSMOW (*Vienna Standard Mean Ocean Water*) é o padrão definido pela Agência Internacional de Energia Atômica em Viena. O VSMOW foi determinado a partir de água do mar destilada, misturada com pequenas quantidades de outras amostras de água. A água do mar foi escolhida como essência por constituir a base do ciclo hidrológico. A inserção dos padrões internacionais deve-se às diferenças entre as razões serem muito pequenas, da ordem de 10^{-4} , o que implicaria em trabalhar com diferenças na quarta casa decimal.

Valores positivos de $\delta^{18}O$ e δD indicam enriquecimento da amostra em ^{18}O e D, respectivamente, em relação ao padrão, enquanto valores negativos indicam sua redução.

Curva meteórica

De acordo com Craig (1961), a precipitação pluviométrica de diversos locais no mundo pode ser estabelecida no que se denomina curva meteórica global (*Global Meteoric Water Line*, GMWL), segundo a equação $\delta D = 8 \times \delta^{18}O + 10$ no diagrama (δD , $\delta^{18}O$) (Figura 7).

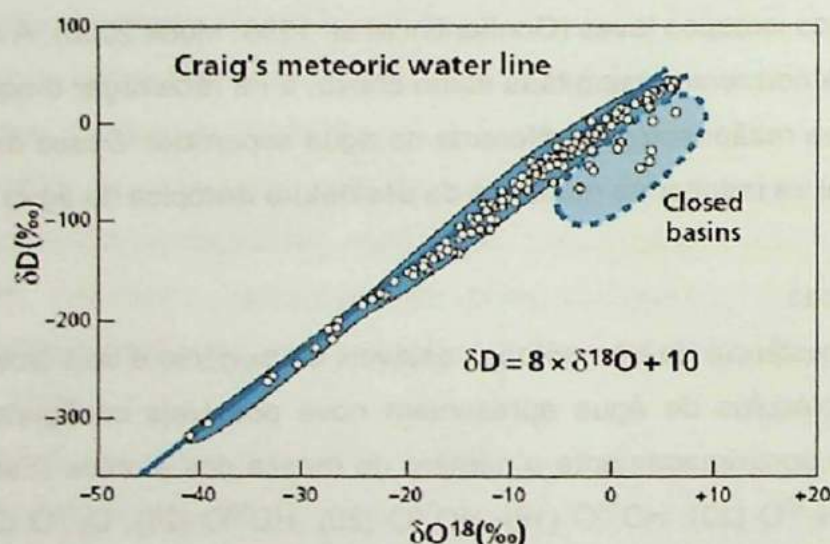


Figura 7. Correlação entre D/H e $^{18}O/^{16}O$ de águas pluviais globais. Fonte: Allègre (2008)

A curva meteórica é resultado do fracionamento durante a evaporação do oceano, produzindo vapor isotopicamente empobrecido em relação ao oceano, porém com excesso de deutério (Ingraham 1998).

6. MATERIAL E MÉTODOS

A seguir são descritos os procedimentos das diversas etapas deste trabalho: cadastramento e seleção de poços, levantamento de áreas potencialmente contaminantes, preparação de material para a coleta, amostragem de água e solo, análises isotópicas de estrôncio em água, efluentes e solo, e análises de hidrogênio e oxigênio em água.

6. 1. Cadastramento e seleção de poços

Juntamente com o levantamento bibliográfico inicial, foram realizados o cadastramento e a seleção dos poços a serem amostrados.

O cadastramento consistiu na compilação (Anexo 1) dos dados disponíveis em laudos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Informações de mais de 100 poços foram levantadas tanto em arquivos da Internet, quanto nos documentos disponíveis no próprio DAEE. Foram compilados os seguintes dados (quando existentes): nº do poço no DAEE; localização (coordenadas UTM); cota; tipo, uso e estado do poço; vazão; níveis estático e dinâmico; equipamento de bombeamento e profundidades do teste de bombeamento; diâmetros de perfuração; presença de revestimento, tubo de boca (proteção sanitária), cimentação e filtro; dados sobre o proprietário²; sistema aquífero explorado; resultados de análises químicas e laboratório responsável. Algumas informações foram complementadas com dados disponíveis também na Coordenação de Vigilância em Saúde da Secretaria Municipal de Saúde (SMS/COVISA), especialmente referentes às análises químicas dos poços com altas concentrações de flúor.

A partir dos dados do Anexo 1, a localização dos poços foi plotada em um mapa geológico da região, confeccionado a partir de cartas 1:10.000 e 1:50.000 da EMPLASA, e delimitado pelas coordenadas 7936000-7400000mN e 327000-337000mN da zona UTM 23K (Figura 5). Também foi elaborado um mapa dos arredores do distrito da Barra Funda com a localização dos poços cadastrados e dos amostrados (Anexo 2).

A seleção de poços para amostragem foi feita com base nos dados hidrogeoquímicos obtidos (Anexo 1), nos perfis elaborados para os poços (Anexo 3), em sua localização e na obtenção da permissão dos proprietários para coletar amostras. Os critérios utilizados foram: concentração de flúor (poços com concentrações maiores e menores do que o limite de potabilidade), riqueza nas informações sobre a geologia e no banco de dados, diferentes profundidades (para diferenciar a composição das águas rasas e das profundas), bem como acessibilidade ao poço. No total, foram coletadas 20 amostras, das quais duas eram de nascentes (Anexo 4). Em todas foram realizadas as análises isotópicas (de H, O e Sr) utilizadas neste trabalho, para avaliação de proveniência de água, além de análises de cátions e ânions, utilizados por outro trabalho de formatura. Ambos fazem parte

² Os dados a respeito dos proprietários não são apresentados neste trabalho. O sigilo em relação a tais informações era parte do acordo de colaboração.

de um projeto maior, coordenado pelo Prof. Dr. Ricardo Hirata (CNPq, Processo nº 482702/2007-9).

6. 2. Levantamento de áreas potencialmente contaminantes

Adicionalmente, foi realizado um levantamento das principais fontes de poluição da Barra Funda, a partir de dados de relatórios e processos das Agências Regionais de Pinheiros e de Santana da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), a fim de se determinar os locais para coleta de efluentes e amostras de solo. Foram coletadas informações a respeito das atividades realizadas por indústrias na região, para identificar possíveis fontes de poluição antrópica de flúor. Entre os aspectos observados, estão: matérias-primas utilizadas e seu armazenamento; produção, composição, armazenamento e destino de resíduos; e existência de autos de infração. A maioria dessas empresas está em funcionamento há algumas décadas.

O levantamento realizado junto à CETESB indicou a princípio, 8 empresas potencialmente poluidoras, sendo apenas quatro localizadas dentro da área de estudo. As principais atividades desenvolvidas por tais indústrias são a fabricação de vidros e manipulação de produtos químicos (como tintas, selantes e adesivos). Dessas 8 indústrias, em apenas duas delas seria possível amostrar efluente. Devido a não colaboração das empresas com o projeto, apesar dos diversos pedidos feitos, decidiu-se utilizar amostras do efluente de uma das empresas que haviam sido coletadas em 2007 pela co-orientadora deste trabalho.

6. 3. Preparação de material para amostragem de água

A preparação do material para coleta consiste, essencialmente, na descontaminação das garrafas que armazenarão as amostras de água. Esse procedimento é especialmente importante no caso das amostras para isótopos de estrôncio.

A descontaminação das garrafas de PEBD (polietileno de baixa densidade), para coleta de amostras a serem analisadas para isótopos de estrôncio, é feita com soluções de água régia 25% e de ácido clorídrico 25%. Quatro litros de cada solução foram preparados:

- Ácido clorídrico 25%: 1L de HCl + 3L de água purificada (destilada e deionizada no MILLI-Q³);
- Água régia 25%: 250mL de HNO₃ + 750mL de HCl + 3L de água purificada, garantindo a proporção 3HCl:1HNO₃.

A descontaminação das garrafas PEBD está descrita a seguir (todos os procedimentos com ácidos foram realizados dentro da capela de exaustão do Laboratório de Isótopos Estáveis - LIE, do CPGeo, IGc-USP):

³ MILLI-Q é um equipamento de purificação de água da Millipore Corporation™, utilizado nos laboratórios do CPGeo, IGc-USP.

(1) As garrafas foram lavadas com detergente e enxaguadas com água destilada;

(2) Aproximadamente 3cm da altura de cada garrafa de 500mL foram preenchidos com água régia 25%. As garrafas foram fechadas com tampa e, durante um dia, foram deixadas em posição normal em uma chapa de *teflon* aquecida. A temperatura foi mantida constante em 65°C, por um termostato. Durante o dia seguinte, ainda com a solução de água régia 25%, as garrafas foram deixadas em posição invertida (de ponta-cabeça), fora da chapa, dentro de uma bandeja de plástico, para evitar vazamentos dentro da capela de exaustão. Depois, permaneceram mais um dia em repouso no mesmo local, em posição normal. Por fim, foram enxaguadas três vezes com água purificada;

(3) O segundo passo foi repetido, utilizando-se HCl 25% ao invés de água régia. Ao final, as garrafas foram novamente enxaguadas três vezes com água purificada;

(4) As garrafas foram totalmente preenchidas com HNO₃ 1%, preparado com água purificada e HNO₃ purificado (destilado no destilador de quartzo), permanecendo em repouso até um dia antes da coleta. As garrafas devem ser cobertas com filme plástico e mantidas dentro da capela;

(5) Um dia antes da coleta, as garrafas foram lavadas com água purificada e secadas na capela de fluxo laminar. Depois, foram fechadas e embaladas individualmente em filme plástico até seu uso na amostragem.

O procedimento demora uma semana, com 20 garrafas na chapa e 20 garrafas em repouso. Como o LIE não foi utilizado durante os finais de semana, o processo de descontaminação das garrafas levava pouco mais que sete dias. As soluções ácidas (água régia 25% e ácido clorídrico 25%) podem ser utilizadas em mais de um processo de descontaminação.

As amostras para isótopos estáveis não precisam de preservação química como no caso para estrôncio, mas são necessários frascos âmbar que minimizam a penetração da luz e a conseqüente variação de temperatura que pode provocar fracionamento. Os frascos âmbar de 35 mL são limpos enxaguando-se o frasco com a água a ser amostrada. Depois de coletada a amostra, os frascos são fechados de modo a evitar a presença de bolhas de ar junto ao líquido e assim minimizar o fracionamento da fase líquida para a gasosa da amostra.

6. 4. Amostragem

Tanto para a amostragem da água quanto para o solo, foram elaboradas cartas de apresentação do projeto, nas quais estavam incluídos o sigilo em relação à localização dos poços e solo e a disponibilização dos resultados para os outorgados. Alguns contatos foram feitos via e-mail/telefone e outros pessoalmente. É importante ressaltar que alguns locais não permitiram a coleta de amostras, de modo que alguns pontos interessantes (com alta concentração de fluoreto, por exemplo) não puderam ser amostrados.

A distribuição dos pontos de coleta no distrito da Barra Funda é apresentada no Anexo 2.

6. 4. 1. Amostragem de água

As amostras de água subterrânea foram obtidas a partir de poços em operação, com equipamentos de bombeamento, e sem o uso de obturadores. O uso de obturadores não foi possível, pois o nível d'água dos poços encontrava-se em geral muito profundo, além do limite do equipamento, que é de 100m abaixo da superfície. O nível d'água profundo também determinou a amostragem apenas de poços que estivessem em operação, ou seja, que possuíssem a bomba instalada. As amostragens foram efetuadas na saída do poço, para minimizar a influência do encanamento.

Para cada poço, foi coletada água em: 1 frasco de 500mL de PEBD para análise de estrôncio e 2 frascos de vidro âmbar de 35mL para análises de hidrogênio e oxigênio. Em todos os pontos de coleta, efetuou-se o enxágüe dos frascos com a água a ser amostrada.

No mesmo dia da coleta, as amostras para análise de estrôncio foram filtradas a vácuo em porta-filtros de plástico (Figura 8) devidamente descontaminados e filtros de 0,45 μ m de porosidade. Posteriormente, as amostras foram acidificadas com ácido nítrico (purificado e concentrado) e armazenadas em geladeira. As amostras para isótopos estáveis foram apenas mantidas em ambiente com temperatura constante.

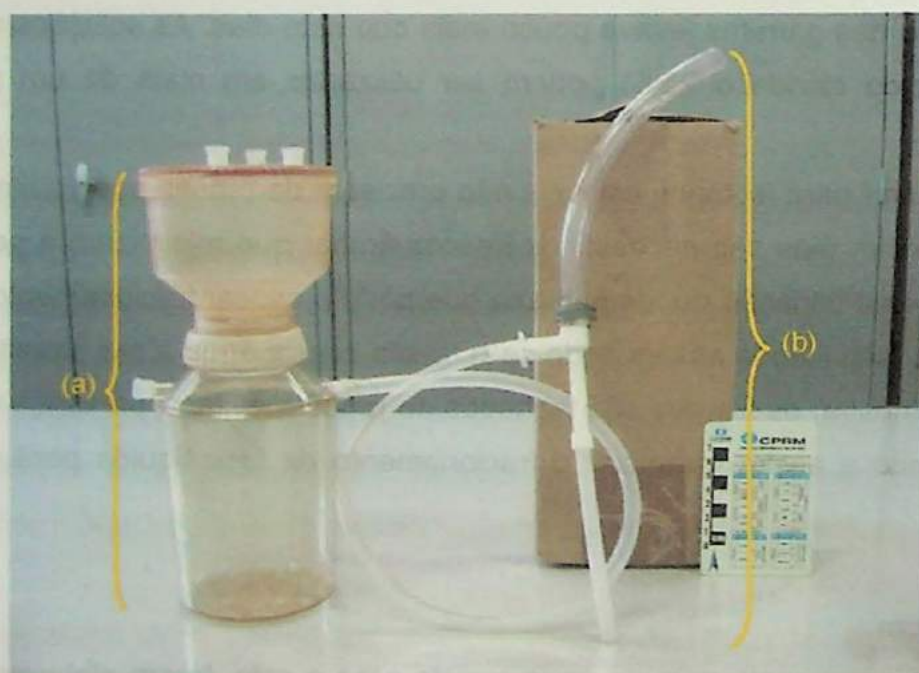


Figura 8. Conjunto para filtragem: porta-filtro (a) com trompa de vácuo (b) acoplada.

6. 4. 2. Amostragem de solo

Os locais para amostragem de solo foram escolhidos a partir da observação de imagens de satélite obtidas com o *software Google Earth* (GOOGLE 2009), das informações levantadas junto à CETESB sobre áreas potencialmente contaminantes, de observações de

campo feitas durante a amostragem de água, e de informações do trabalho de Silva *et al.* (2007), realizado na mesma região de estudo. Procurou-se determinar locais distribuídos por toda área, que tivessem solo exposto e com menor influência antrópica, como aterramento.

Foram coletadas 10 amostras, sendo quatro em propriedades particulares e as demais em obras ou terrenos baldios.

As amostragens de solo foram realizadas com o uso de trado manual tipo Holandês. Procurou-se coletar a amostra em profundidades entre 1,40 e 1,70m, a fim de evitar solo remobilizado e aterros. As amostras coletadas foram homogeneizadas e colocadas em sacos plásticos limpos. As amostras BF-27 a BF-29 são as únicas que correspondem a um perfil de solo, uma vez que apenas naquele local esse tipo de coleta foi possível (tratava-se de uma cava em que estavam sendo construídas as fundações de um edifício).

Alguns locais previamente selecionados não puderam ser amostrados devido à presença de camada extremamente dura, que o trado não conseguia ultrapassar. Um desses locais foi uma empresa tida como possível fonte de contaminação, que em todas as tentativas de perfuração apresentou uma camada dura a 0,60m de profundidade, evidenciando uma complexa história de ocupação na região.

Para a descontaminação dos equipamentos entre cada coleta, foi adotado o seguinte procedimento, adaptado de CETESB (2001):

- (1) Remoção do solo aderido no equipamento com espátula ou escova;
- (2) Lavagem do amostrador com água destilada e detergente para laboratório (Extran);
- (3) Enxágüe com água destilada;
- (4) Enxágüe com ácido clorídrico 50%;
- (5) Novo enxágüe com água destilada.

Após o término da coleta, as amostras de solo foram colocadas para secar em uma estufa a cerca de 60°C no Laboratório de Tratamento de Amostras (LTA) do IGc-USP, durante um dia. Após a secagem, foi feita a descrição macroscópica das amostras, com uso de lupa manual de 10x de aumento.

A descrição dos demais procedimentos a que foram submetidas as amostras de solo são descritas no subitem 6. 5. 2. *Análises de estrôncio em solo.*

6. 4. 3. *Amostragem de rochas e efluentes*

As empresas de perfuração que trabalharam na área de estudo foram contatadas para a obtenção de amostras de rochas mais profundas, entretanto, nenhuma possuía mais os testemunhos ou tinha perspectivas de trabalhar novamente na Barra Funda nos meses de execução do presente trabalho. Dentro do orçamento do projeto não foi possível realizar um furo para amostrar a rocha do embasamento desta região.

No item 6. 2. *Levantamento de áreas potencialmente contaminantes*, já foi elucidado que a coleta de efluentes seria interessante em apenas dois locais. Uma vez que as empresas em questão não aceitaram colaborar com o projeto, apesar dos diversos pedidos feitos, decidiu-se utilizar amostra do efluente coletada em uma delas em 2007 pela co-orientadora deste trabalho. Tais amostras são referentes a uma indústria produtora de vidros. Na produção de vidros, é comum o uso de compostos com flúor, em especial para a etapa de gravação, na qual o vidro é submetido à corrosão por ácido hidrófluorídrico, a fim de criar desenhos gráficos no vidro ou obter acabamentos translúcidos a opacos (em geral de aspecto leitoso) (Departamento de Tecnologia da Arquitetura [s.d.]). Os métodos de coleta e de preservação dessas amostras de 2007 foram semelhantes aos adotados no presente trabalho. As amostragens foram feitas em duas saídas do sistema de tratamento de efluentes, ou seja, foi coletado o efluente como ele seria lançado no ambiente.

6. 5. Análises isotópicas

6. 5. 1. Análises de estrôncio em água e efluentes

As análises isotópicas de estrôncio em água e efluentes são feitas através da rotina implementada no CPGeo do IGC-USP (Martins *et al.* 2008), descrita a seguir.

Pesagem das amostras de água

Primeiro, cada frasco de *teflon* descontaminado (Figura 9) é identificado com: nº da amostra no CPGeo, nº da amostra em campo, sigla que identifica os processos analíticos a que a amostra será submetida no laboratório e nº do projeto. Em seguida, um frasco com tampa é pesado na balança analítica Mettler Toledo (modelo AT201). A balança é zerada e aproximadamente 90mL da amostra de água correspondente são colocados no referido frasco. Pesa-se o conjunto novamente, obtendo-se a massa da amostra. Esse procedimento foi repetido para todas as amostras e o branco de laboratório. Este consiste em 40µL de *Spike*, ou seja, de um traçador (uma solução em que a concentração de estrôncio é conhecida).

As amostras são pesadas em temperatura ambiente, sendo necessário retirá-las da geladeira (onde são armazenadas para melhor preservação) duas horas antes dos procedimentos.

Após a pesagem das amostras, elas foram colocadas com os frascos abertos sobre a chapa aquecida a 80°C, a fim de provocar a evaporação. O tempo que leva para a redução total da amostra, ou seja, evaporação e formação de um resíduo, é de aproximadamente dois dias.



Figura 9. Frasco de *teflon* de 100mL utilizado para armazenar a amostra de água durante as fases iniciais de seu tratamento para análises isotópicas de estrôncio.

Dissolução química das amostras

A dissolução química consiste no tratamento da amostra (o resíduo gerado anteriormente) com ácidos. Primeiro, foram colocados em cada amostra 1mL de HNO_3 concentrado e destilado no destilador de quartzo e 3mL de HF concentrado e destilado no destilador de *teflon*. O HF destina-se a atacar a sílica que por ventura esteja presente em partículas que passaram o filtro de $0,45\mu\text{m}$ (ver subitem 6. 4. 1. *Amostragem de água*). Os frascos foram então colocados fechados sobre a chapa aquecida a 80°C , deixados em aquecimento até o dia seguinte. Passado esse dia, os frascos foram abertos e deixados na chapa para evaporação, também por um dia.

Na segunda parte do ataque químico, foram colocados 5mL de HCl 6M em cada amostra, e repetido o ciclo de um dia de aquecimento seguido de um dia de evaporação na chapa. Após a evaporação, é acrescentado ao resíduo de cada amostra 1mL de HNO_3 2M.

Coluna de purificação

A passagem da amostra condicionada em HNO_3 2M pela coluna de purificação visa a eluição do estrôncio da amostra. Trata-se de uma coluna de *teflon* retrátil (Figura 10), preenchida com determinado volume de resina Eichrom® Sr Resin⁴ ($100\text{-}150\mu\text{m}$) que se concentra na porção inferior da coluna. A resina é responsável pelas trocas iônicas que culminam com a separação do estrôncio de cada amostra.

Para cada amostra é utilizada uma coluna, sendo possível realizar o procedimento para até dez colunas de uma vez (Figura 11).

⁴ Conforme indicado na *webpage* do fabricante (www.eichrom.com/products/info/sr_resin.cfm), a composição da resina é: 1,0M 4,4'(5')-di-*t*-butilciclohexano 18-coroa-6 (éter de coroa) diluído em 1-octanol (1,0M 4,4'(5')-di-*t*-butylcyclohexano 18-crown-6 (crown ether) in 1-octanol).

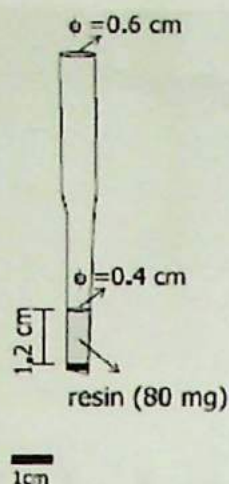


Figura 10. Esquema de uma coluna de purificação. Fonte: Martins *et al.* (2008).

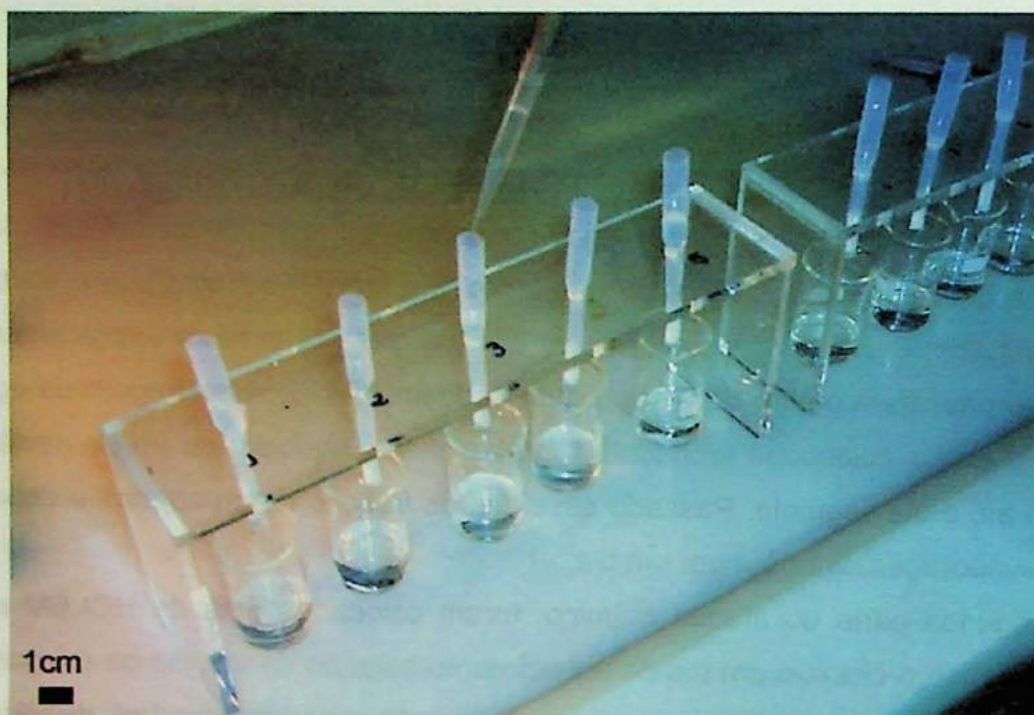


Figura 11. Colunas de purificação numeradas. Acima da coluna 3, parte de uma das pipetas de precisão utilizadas no procedimento. Foto: Solange Souza.

Primeiro, deve-se passar por cada coluna 20mL de HCl 6M para a limpeza da resina. Depois, procede-se do seguinte modo:

- (1) Conversão do meio com HCl para HNO_3 com 2,2mL de HNO_3 0,05M;
- (2) Condicionamento com 0,3mL de HNO_3 2M;
- (3) Deposição da amostra com 1mL (1mL de HNO_3 condicionando o resíduo da última evaporação da amostra);
- (4) Enxagüe da coluna com 0,4mL de HNO_3 2M;
- (5) Eluição do bário (com 1,6mL de HNO_3 7M);
- (6) Eluição do estrôncio (com 3,0mL de HNO_3 0,05M).

Todo o procedimento acima descrito demanda cerca de duas horas.

Na eluição do estrôncio, as amostras que saem da coluna são colocadas em pequenos frascos de *teflon* (Figura 12). Nas demais etapas, o produto é descartado.

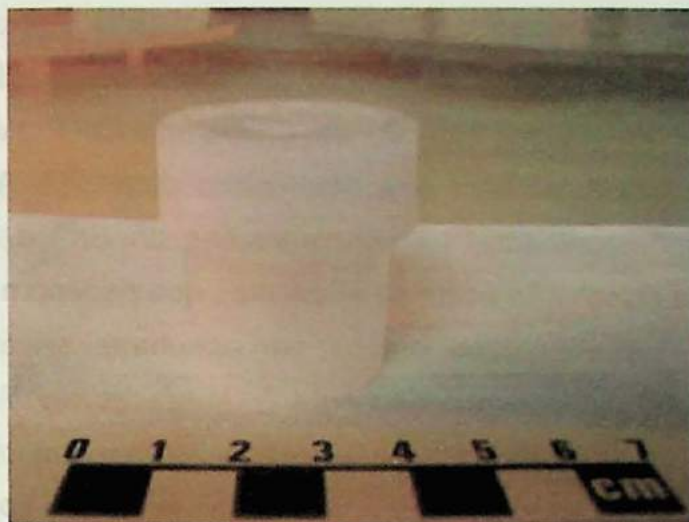


Figura 12. Frasco de *teflon* de 20mL, utilizado para armazenar as amostras após sua passagem na coluna de purificação.

Por fim, é preciso colocar as amostras para secar na chapa aquecida a 80°C, até sua evaporação e formação de um resíduo.

Espectrometria de massa

As razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ foram medidas através do espectrômetro de massa Finnigan MAT 262. O padrão NBS 987 forneceu as razões (média anual com desvio padrão 2σ) de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,710252 \pm 0,000028$ para as amostras BF-01 a BF-10, de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,710285 \pm 0,000023$ para BF-11 a BF-21, de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,710295 \pm 0,000026$ para BF-23, BF-27 a 30, E1-SG e E2-SG. As razões isotópicas foram normalizadas para o valor de $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0,1194$.

6. 5. 2. Análises de estrôncio em solo

As análises isotópicas de estrôncio em solo foram realizadas no CPGeo do IGc-USP, sendo o procedimento completo descrito a seguir. Em função do tempo disponível para as análises, foram selecionadas cinco das dez amostras de solo coletadas (BF-23, BF-27, BF-28, BF-29 e BF-30).

Desagregação

A desagregação foi feita utilizando-se o almofariz de ágata, cuidando-se para não pulverizar a amostra, apenas desagregar. Aproveitou-se para aprimorar a primeira descrição das amostras, sendo utilizada então a Lupa Leica MX6 (aumento de até 64x) do CPGeo

(Anexo 5). Infelizmente, não houve tempo para a execução de análises de difratometria de raios-X para refinamento dos estudos mineralógicos.

Tratamento químico das amostras

O procedimento adotado para a preparação das amostras de solo após a secagem e desagregação baseou-se no Método 3050B, da *Environmental Protection Agency*, EPA (EPA 2009). O Método 3050B também é o empregado pela CTQ Análises Químicas e Ambientais, onde foram determinadas as concentrações de Sr^{2+} e F^- nesses solos. O Método 3050B promove a dissolução ácida de elementos que poderiam estar disponíveis no ambiente (EPA 2009) - os elementos presos em estruturas silicáticas, por exemplo, normalmente não são liberados neste procedimento.

O intuito de se empregar procedimento semelhante para as análises isotópicas é submeter todas as amostras analisadas às condições mais próximas possíveis. Foram feitas as adaptações necessárias em função dos equipamentos a serem utilizados neste trabalho (TIMS e não ICP-AES) e do tempo disponível. Assim, com base em EPA (2009), foi adotado o seguinte procedimento:

- (1) Pesar 1g da amostra seca;
- (2) Atacar amostras com 10mL de HCl concentrado e 2,5mL de HNO_3 concentrado;
- (3) Aquecer as amostras nos frascos de *teflon* fechados durante um dia na chapa a 80°C;
- (4) Após resfriamento, transferir todo o líquido para um tubo (a ser utilizado na centrífuga), deixando o resíduo. Essa primeira amostra retirada é denominada lixiviado. Colocar 3mL de água purificada no resíduo. Transferir estes 3mL para um outro tubo de *teflon*. Efetuar esse procedimento de lavagem com 3mL de água purificada três vezes para cada amostra;
- (5) Colocar os dois frascos obtidos (lixiviado e 9mL de água de lavagem) para cada amostra na centrífuga a 1500rpm por 15 minutos. O equipamento utilizado foi a Centrífuga Excelsa® II Modelo 206MP da Fanem®;
- (6) Retirar a porção líquida do lixiviado separada pela centrífuga e colocar em um frasco de *teflon* limpo. Colocar para evaporar por dois dias na chapa a 80°C. Retornar o resíduo ao primeiro frasco (o que contém o resíduo inicial), utilizando-se água purificada. O procedimento deste item foi feito primeiro apenas para o lixiviado, deixando-se a água de lavagem no frasco que saiu da centrífuga. Apenas após a evaporação do lixiviado é que se repetiu o procedimento para a água de lavagem (uma vez que o frasco não possui volume suficiente para tudo ser adicionado de uma vez);
- (7) Acrescentar 2mL de HNO_3 concentrado em cada amostra e colocar para secar na chapa a 80°C durante um dia;

(8) Passar amostras na coluna de purificação, conforme descrito no subitem 6. 5.

1. Análises de estrôncio em água e efluentes.

6. 5. 3. Análises de hidrogênio em água

A análise de isótopos de hidrogênio fundamenta-se na reação da água com cromo metálico a 820°C em vácuo, usando equipamento H/Device da Finnigan MAT, gerando gás hidrogênio. Esse gás é analisado em espectrômetro de massa com adaptador para análises D/H. As razões isotópicas de hidrogênio são apresentadas em relação à do VSMOW, com incerteza de 0,5‰.

6. 5. 4. Análises de oxigênio em água

A análise de isótopos de oxigênio em amostras de água é feita a partir da troca isotópica ocorrida entre água e gás carbônico de composição isotópica conhecida, com o equipamento GasBench da Finnigan MAT. As amostras são submetidas à extração e purificação de gás carbônico, sendo o gás recolhido analisado para determinar as razões $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, em padrões internacionais e internos. Os resultados são apresentados em relação ao VSMOW, com incerteza de 0,2‰.

7. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Na Tabela 1 é apresentado o cronograma de atividades, sendo indicados o planejamento inicial (referente ao Projeto Inicial), novo planejamento (referente ao Relatório de Progresso) e a execução de atividades. Embora alguns atrasos tenham ocorrido (ver subitem 7. 1. *Dificuldades encontradas*), isso não acarretou grandes prejuízos ao desenvolvimento do projeto.

Algumas alterações foram feitas em relação à proposta inicial, diante das condições encontradas, conforme já descrito nos itens 6. 2. *Levantamento de áreas potencialmente contaminantes* e 6. 4. *Amostragem*. Os demais procedimentos permaneceram conforme proposto originalmente.

7. 1. Dificuldades encontradas

Nas etapas iniciais, a demora no conserto do exaustor da capela do LIE atrasou em um mês o início da descontaminação dos frascos para amostragem.

As atividades de amostragem de água sofreram atraso em relação ao cronograma originalmente proposto. Isso se deveu à dificuldade em se reunir informações suficientes para escolha dos poços e à tentativa de uma ação conjunta com a CETESB e a COVISA. Ambos os órgãos manifestaram interesse em participar das coletas, mas não dispunham de tempo para tal atividade. Em relação à amostragem de solo, a CETESB havia se

Tabela 1. Cronograma de atividades.

Tarefa / Meses	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	(NOV)
Estudos bibliográficos	X	X	X	X	X	X	X	X		
Cadastramento de poços do DAEE	X	X	X							
Levantamento de áreas contaminadas na CETESB		X								
Seleção de poços para amostragem		X	X							
Amostragem de água				X						
Amostragem de solo						X				
Análise de isótopos de Sr (desde preparação de amostras)						X	X	X	X	
Análise de isótopos de H						X				
Análise de isótopos de O									X	
Interpretação de resultados							X		X	X
Elaboração de relatório parcial						X	X			
Conclusão da Monografia									X	X

Legenda

originalmente planejado

novo planejamento

X realizado

encarregado dos contatos e da amostragem, devido a seu interesse nas indústrias que seriam possíveis fontes de contaminação na região da Barra Funda. Entretanto, a demora do órgão em agendar as coletas começou a prejudicar o andamento deste projeto, de modo que foi decidido realizar as amostragens sem a participação da CETESB.

Durante as atividades de campo, o principal empecilho encontrado foi o acesso aos locais com o poço. Em alguns casos, apenas foi permitida a entrada após muita insistência. Além disso, a presença da COVISA nem sempre era um fator favorável, como a princípio foi julgado; em alguns estabelecimentos, a ausência de representantes desse órgão fiscalizador tornava as pessoas mais abertas à comunicação.

A coleta em vários períodos durante o bombeamento de um poço que se encontrava desativado deveria ter sido realizada durante o mês de julho. Entretanto, o poço mais propício foi lacrado pela COVISA há algum tempo, de modo que seria necessária a colaboração do órgão para tal atividade. Como não foi possível agendar essa coleta no tempo previsto, ela não foi realizada, pois não haveria tempo para a análise de tais

amostras. Essa coleta em vários períodos, porém, já não era tão essencial frente aos resultados obtidos durante o desenvolvimento do projeto. Ela seria interessante para comparar as condições mais rasas com as mais profundas, mas os dados gerados com as demais coletas e análises aparentam ter cumprido essa função satisfatoriamente.

O equipamento para análises isotópicas de oxigênio do LIE permaneceu inoperante durante um período de julho e agosto, quando haviam sido agendadas as análises deste projeto. Assim, o cronograma do laboratório foi alterado, de modo que os resultados para as análises de oxigênio puderam ser obtidos apenas no começo de outubro.

8. RESULTADOS

Os dados das análises isotópicas e de concentração de flúor e estrôncio utilizados para a confecção de gráficos e interpretações apresentadas neste item e no item 9. *Discussão de Resultados* encontram-se no Anexo 6.

8. 1. Resultados de Isótopos de Hidrogênio e Oxigênio

As amostras de água de poços que exploram o SAS (Sistema Aquífero Sedimentar) apresentam, de modo geral, valores mais enriquecidos (menos negativos) de razões isotópicas de oxigênio e hidrogênio do que as de poços que exploram o SAC (Sistema Aquífero Cristalino) (Figura 13).

Os valores menos negativos tanto de δD como de $\delta^{18}O$ também estão associados a valores menores (abaixo de 1,5mg/L) de concentração de fluoreto (Anexo 6) (Figura 14).

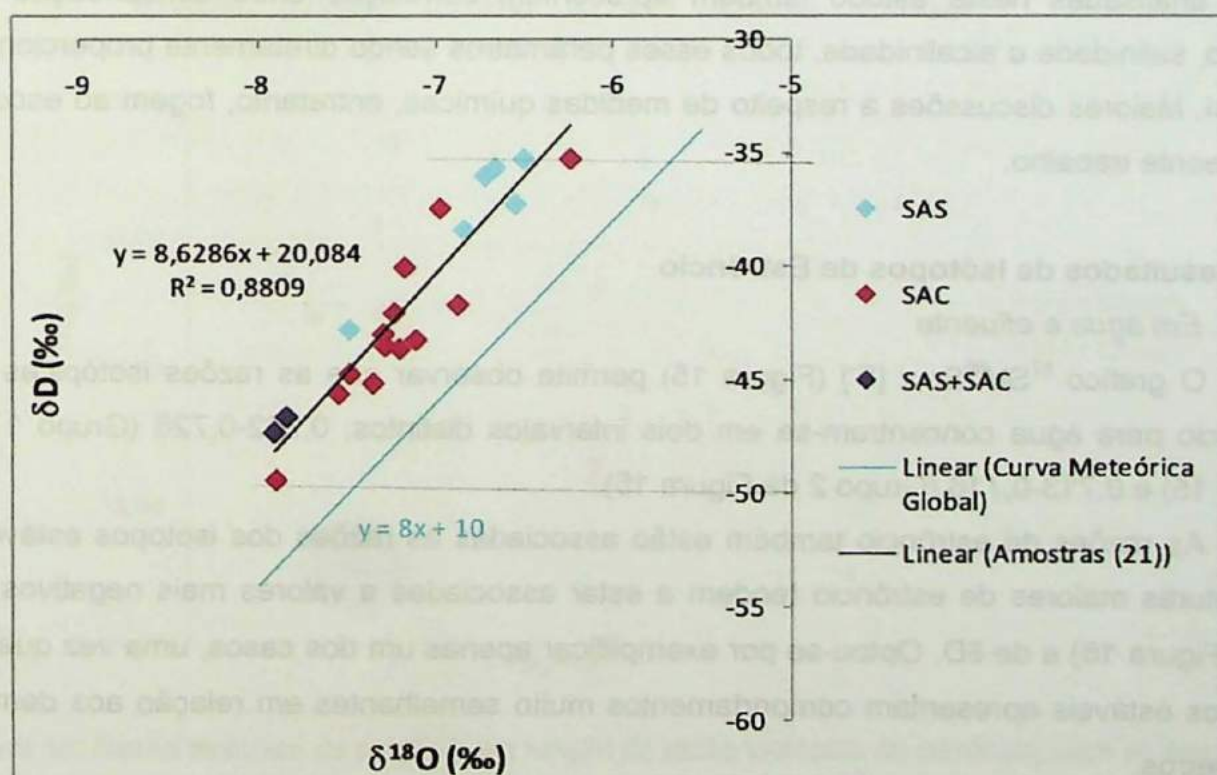


Figura 13. Correlação entre δD e $\delta^{18}O$ de poços amostrados, com indicação da reta de tendência linear dos dados.

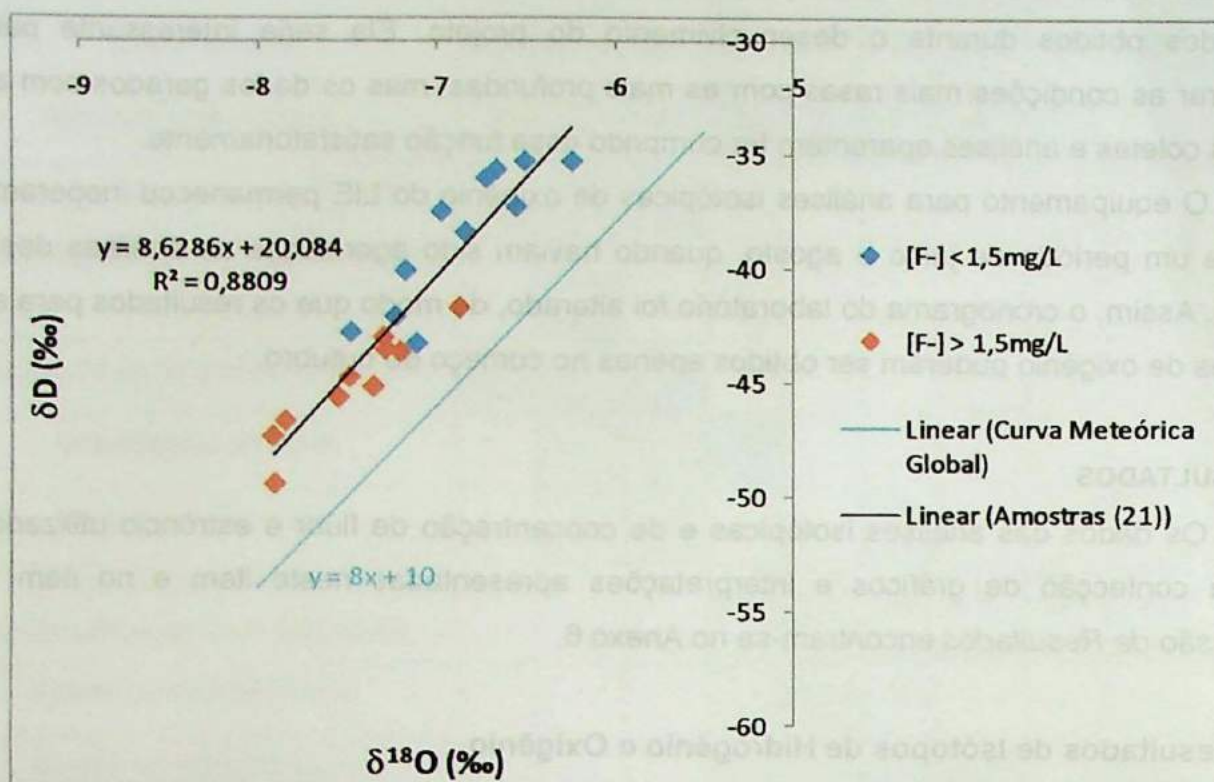


Figura 14. Correlação entre δD e $\delta^{18}O$ de poços amostrados, evidenciando dois grupos conforme a concentração de fluoreto, e indicação da reta de tendência linear dos dados.

É possível observar, também, que a curva de tendência linear dos dados obtidos encontra-se acima da curva meteórica global (Figuras 13 e 14).

É interessante apontar que, assim como no trabalho de Perroni *et al.* (1985), as águas analisadas neste estudo também apresentam correlação entre concentração de fluoreto, salinidade e alcalinidade, todos esses parâmetros sendo diretamente proporcionais entre si. Maiores discussões a respeito de medidas químicas, entretanto, fogem ao escopo do presente trabalho.

8. 2. Resultados de Isótopos de Estrôncio

8. 2. 1. Em água e efluente

O gráfico $^{87}Sr/^{86}Sr \times [F^-]$ (Figura 15) permite observar que as razões isotópicas de estrôncio para água concentram-se em dois intervalos distintos: 0,722-0,726 (Grupo 1 da Figura 15) e 0,713-0,716 (Grupo 2 da Figura 15).

As razões de estrôncio também estão associadas às razões dos isótopos estáveis: assinaturas maiores de estrôncio tendem a estar associadas a valores mais negativos de $\delta^{18}O$ (Figura 16) e de δD . Optou-se por exemplificar apenas um dos casos, uma vez que os isótopos estáveis apresentam comportamentos muito semelhantes em relação aos demais parâmetros.

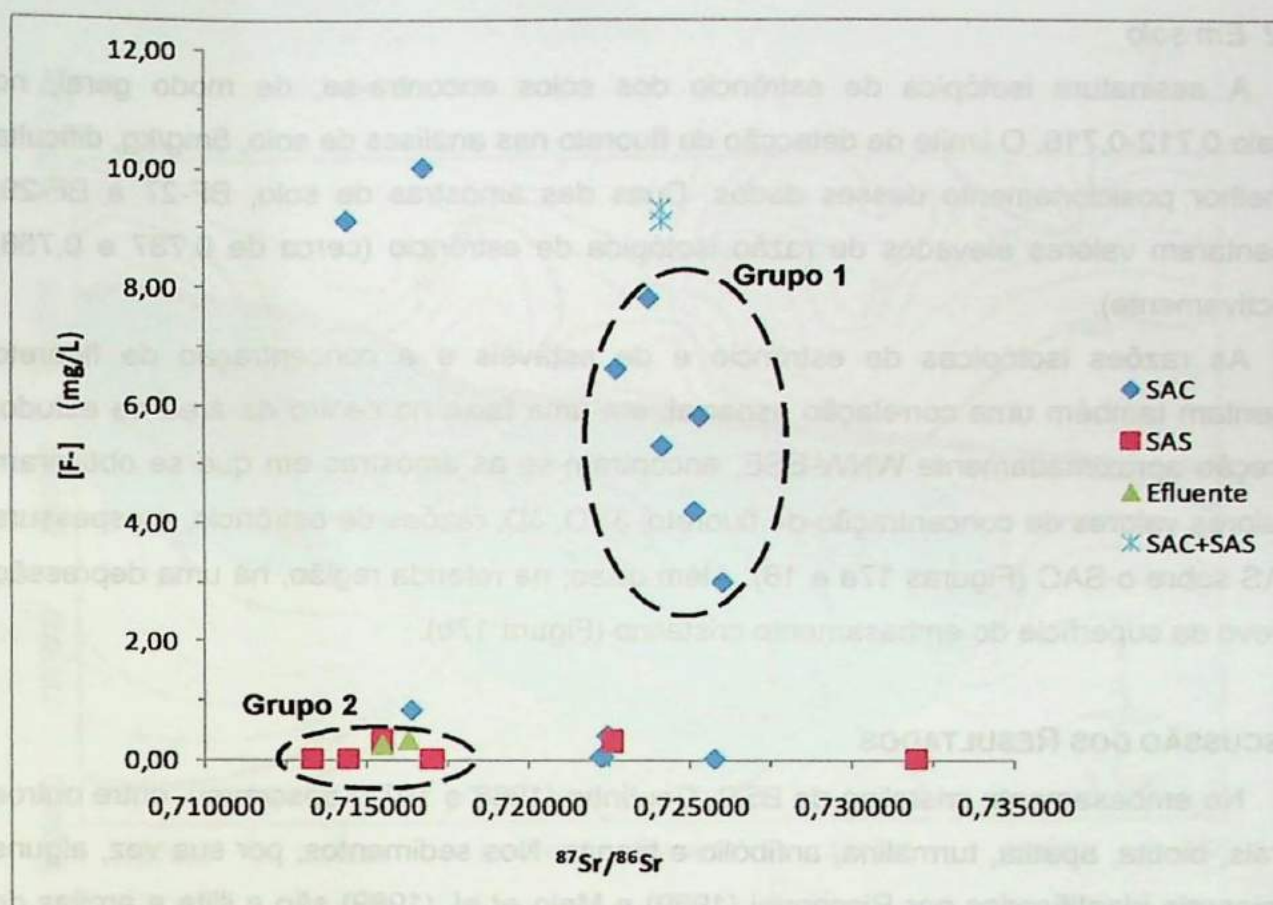


Figura 15. Concentração de fluoreto em função das razões isotópicas de estrôncio, conforme o material amostrado. Grupo 1 indica assinatura isotópica de estrôncio do SAC; Grupo 2, a assinatura do SAS e dos efluentes de indústrias.

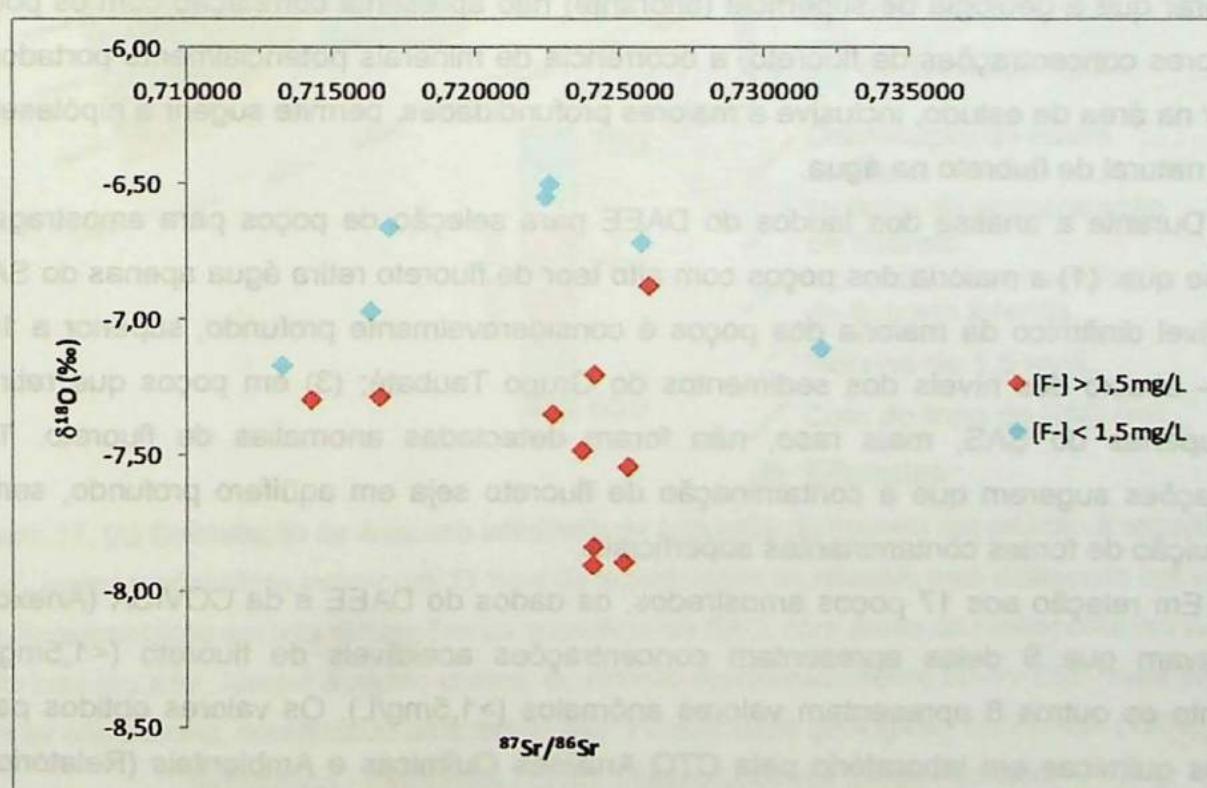


Figura 16. Razão isotópica de oxigênio em função da razão isotópica de estrôncio, para as amostras de água.

8. 2. 2. Em solo

A assinatura isotópica de estrôncio dos solos encontra-se, de modo geral, no intervalo 0,712-0,718. O limite de detecção de fluoreto nas análises de solo, 5mg/kg, dificulta um melhor posicionamento desses dados. Duas das amostras de solo, BF-27 e BF-29, apresentaram valores elevados de razão isotópica de estrôncio (cerca de 0,787 e 0,758, respectivamente).

As razões isotópicas de estrôncio e de estáveis e a concentração de fluoreto apresentam também uma correlação espacial: em uma faixa no centro da área de estudo, de direção aproximadamente WNW-ESE, encontram-se as amostras em que se obtiveram os maiores valores de concentração de fluoreto, $\delta^{18}\text{O}$, δD , razões de estrôncio, e espessura do SAS sobre o SAC (Figuras 17a e 18). Além disso, na referida região, há uma depressão no relevo da superfície do embasamento cristalino (Figura 17b).

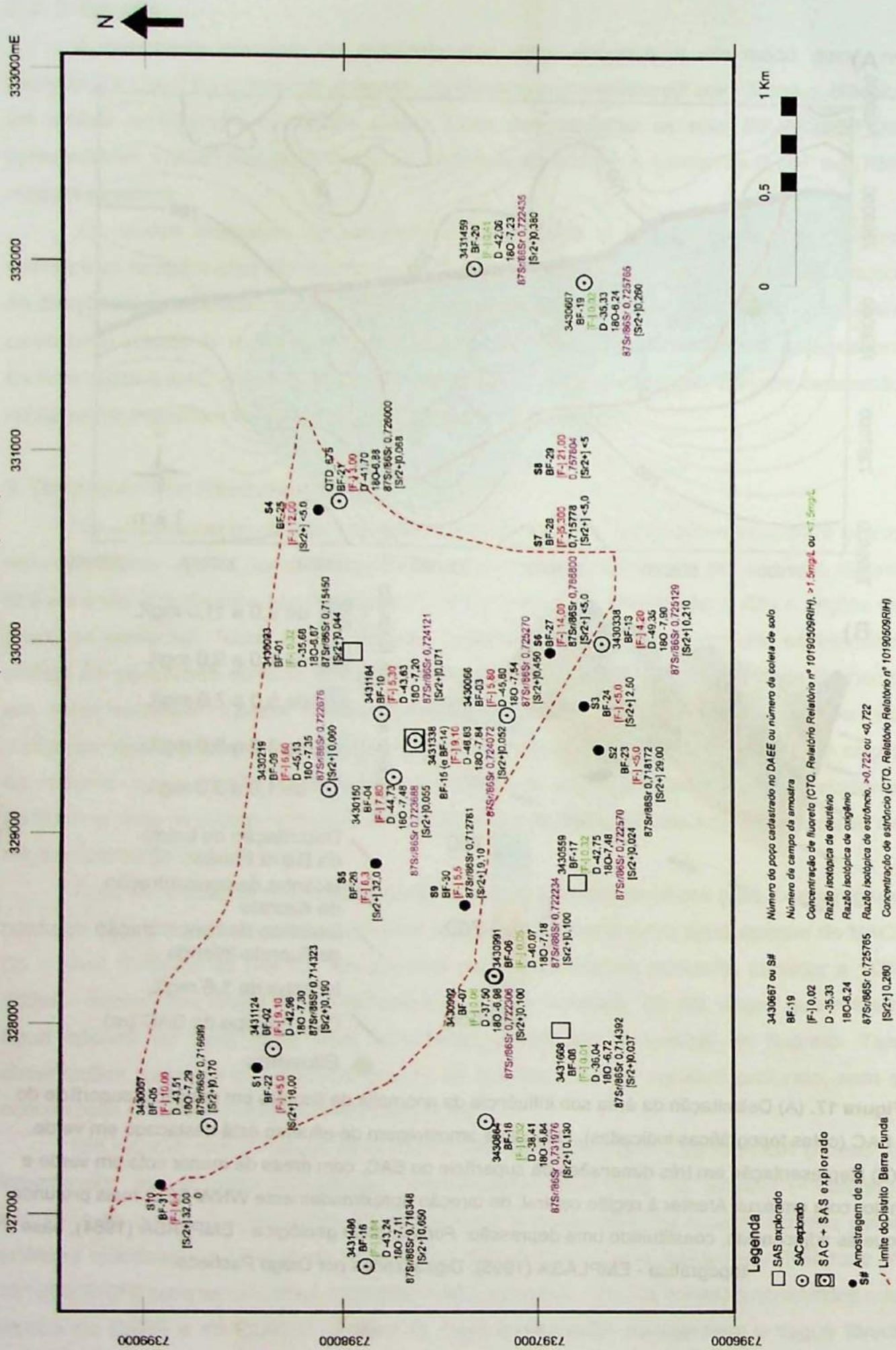
9. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No embasamento cristalino da BSP, Coutinho (1968 e 1972) descreveu, entre outros minerais, biotita, apatita, turmalina, anfibólio e titanita. Nos sedimentos, por sua vez, alguns dos minerais identificados por Riccomini (1989) e Melo *et al.* (1989) são a illita e argilas do grupo da esmectita. Todos esses minerais, tanto do embasamento como dos sedimentos, podem ser portadores de flúor, embora os referidos autores não mencionem esse elemento em seus trabalhos. Apesar de uma primeira observação do mapa geológico permita vislumbrar que a geologia de superfície (aflorante) não apresenta correlação com os poços de maiores concentrações de fluoreto, a ocorrência de minerais potencialmente portadores de flúor na área de estudo, inclusive a maiores profundidades, permite sugerir a hipótese de origem natural de fluoreto na água.

Durante a análise dos laudos do DAEE para seleção de poços para amostragem, notou-se que: (1) a maioria dos poços com alto teor de fluoreto retira água apenas do SAC; (2) o nível dinâmico da maioria dos poços é consideravelmente profundo, superior a 100-150m – abaixo dos níveis dos sedimentos do Grupo Taubaté; (3) em poços que retiram água apenas do SAS, mais raso, não foram detectadas anomalias de fluoreto. Tais observações sugerem que a contaminação de fluoreto seja em aquífero profundo, sem a contribuição de fontes contaminantes superficiais.

Em relação aos 17 poços amostrados, os dados do DAEE e da COVISA (Anexo 4) informavam que 9 deles apresentam concentrações aceitáveis de fluoreto (<1,5mg/L), enquanto os outros 8 apresentam valores anômalos (>1,5mg/L). Os valores obtidos pelas análises químicas em laboratório pela CTQ Análises Químicas e Ambientais (Relatório nº 10190509RIH) para as amostras coletadas estão de acordo com os valores encontrados nos laudos do DAEE e da COVISA (Anexo 4). Para a discussão apresentada a seguir foram considerados os dados fornecidos pela CTQ.

Figura 18. Distribuição espacial dos dados isotópicos e de concentrações de fluoreto e estrôncio na região da Barra Funda, zona oeste de São Paulo.
Zona UTM 23K. Base do mapa: EMPLASA (1995).



A depressão constatada na superfície do embasamento no centro da região de estudo (Figura 17b), em que se observam as assinaturas isotópicas e as concentrações de fluoreto mais elevadas, pode ser devida a falhas, comuns no embasamento da BSP. A presença de falhas teria contribuído para a percolação de fluidos hidrotermais, os quais podem conter flúor. Além disso, a formação da depressão pode ter exposto materiais mais profundos, os quais poderiam ser portadores de flúor, dada a geologia do embasamento na região.

Outro ponto que sugere a origem natural da anomalia é o tempo de recarga das águas profundas. Conforme mencionado no subitem 5. 3. *Distrito Barra Funda*, os 80 a 90 anos desde a instalação das primeiras indústrias na região não é suficiente para que as águas superficiais (contaminadas pelas indústrias) atingissem as profundidades em que se encontra a anomalia de fluoreto atualmente (maiores de 150m). Considerando-se uma precipitação anual média de 300mm para a cidade de São Paulo e uma porosidade de 0,3 para os sedimentos do SAS, obtém-se uma velocidade de infiltração de 1m/ano. Assim, seriam necessários mais de 150 anos para que águas superficiais contaminadas por fontes antrópicas atingissem o SAC.

9. 1. Análises isotópicas de deutério e oxigênio

As amostras de água de poços que exploram o SAS apresentam, de modo geral, valores maiores (menos negativos) de razões isotópicas de oxigênio e hidrogênio do que as de poços que exploram o SAC (Figura 13). A redução de deutério e de oxigênio em relação ao padrão VSMOW observada nas amostras de água mais profundas (de poços que exploram o SAC) indica que elas sejam mais “antigas” do que as águas mais rasas (de poços que exploram o SAS), ou seja, são referentes a uma recarga mais antiga. Tal afirmação é corroborada pela correlação entre as razões dos isótopos estáveis com a profundidade: r^2 igual a 0,53 (P-valor = 0,0002) e a 0,57 (P-valor < 0,0001) para oxigênio e deutério, respectivamente.

No gráfico $\delta^{18}\text{O}$ vs δD (Figuras 13 e 14), a curva de tendência linear dos dados encontra-se acima da curva meteórica global. Isso indica que as amostras de água coletadas são empobrecidas em isótopos pesados de hidrogênio e oxigênio em relação à média das chuvas globais. Como durante as análises os padrões de laboratório foram reproduzidos corretamente e nas três correções de valores efetuadas foram obtidos os mesmos resultados, descarta-se a possibilidade de erros analíticos. Assim, a diferença observada entre as curvas deste trabalho e a meteórica global (Figuras 13 e 14) deve ter origem natural. Como as águas amostradas são em geral profundas, pode ser admitido um considerável tempo de residência (da ordem de centenas de anos), sendo possível sugerir que as amostras analisadas sejam resultantes de precipitação em épocas menos quentes, de modo que tenham sido minimizados os efeitos da evaporação, ou que sejam águas sem

uma relação tão direta com as águas rasas. Ambas as possibilidades corroboram a idéia de que a anomalia de fluoreto observada na região de estudo não seja antropogênica, quer por se tratarem de águas mais antigas e, portanto, anteriores a possíveis contaminações antropogênicas, quer por não haver uma interação significativa com as águas pluviais infiltradas nos níveis mais rasos, ou seja, aqueles que seriam afetados por contaminações de origem antrópica.

Em relação aos outros parâmetros analisados (concentração de fluoreto, pH, nível estático e nível dinâmico), a observação do comportamento das amostras em gráfico permite separar o grupo das águas mais rasas (do SAS) do das mais profundas (do SAC) (Figuras 19 a 21). A distinção entre os tipos de amostras evidencia as diferentes assinaturas isotópicas conforme a origem dessas águas. As relações entre razões isotópicas de oxigênio e pH, nível estático e nível dinâmico observadas nas Figuras 19 a 21 são válidas também para as razões de deutério.

Os valores menos negativos tanto de δD como de $\delta^{18}O$ estarem associados a valores menores (abaixo de 1,5mg/L) de concentração de fluoreto (Anexo 6) (Figura 14) possivelmente é consequência da relação direta entre [F] e profundidade e entre razões de isótopos estáveis e profundidade. Além disso, há uma boa correlação entre $\delta^{18}O$, δH e [F] e nível dinâmico do poço. As relações de concentração de fluoreto, razões isotópicas de deutério e de oxigênio com profundidade e nível dinâmico (Tabela 2) são um indício de que as águas mais contaminadas são aquelas mais profundas, corroborando com a hipótese de que a anomalia de fluoreto seja de fonte natural e não antrópica.

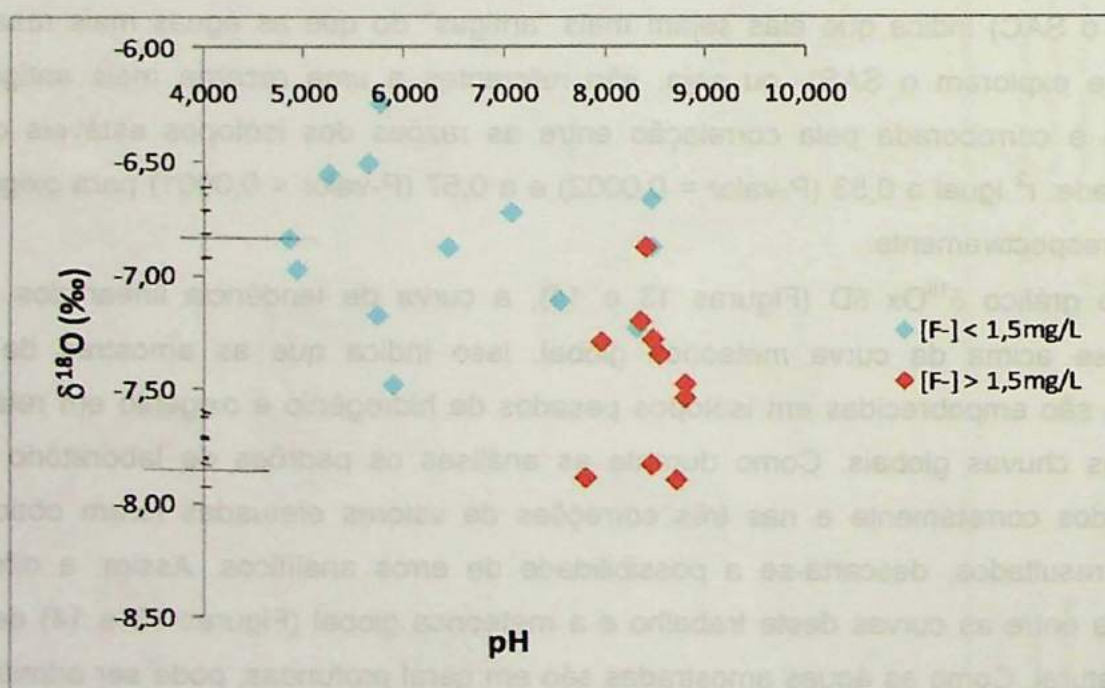


Figura 19. Razão isotópica de oxigênio em função de valores de pH medidos em campo. As amostras do SAC têm pH mais elevado do que as do SAS.

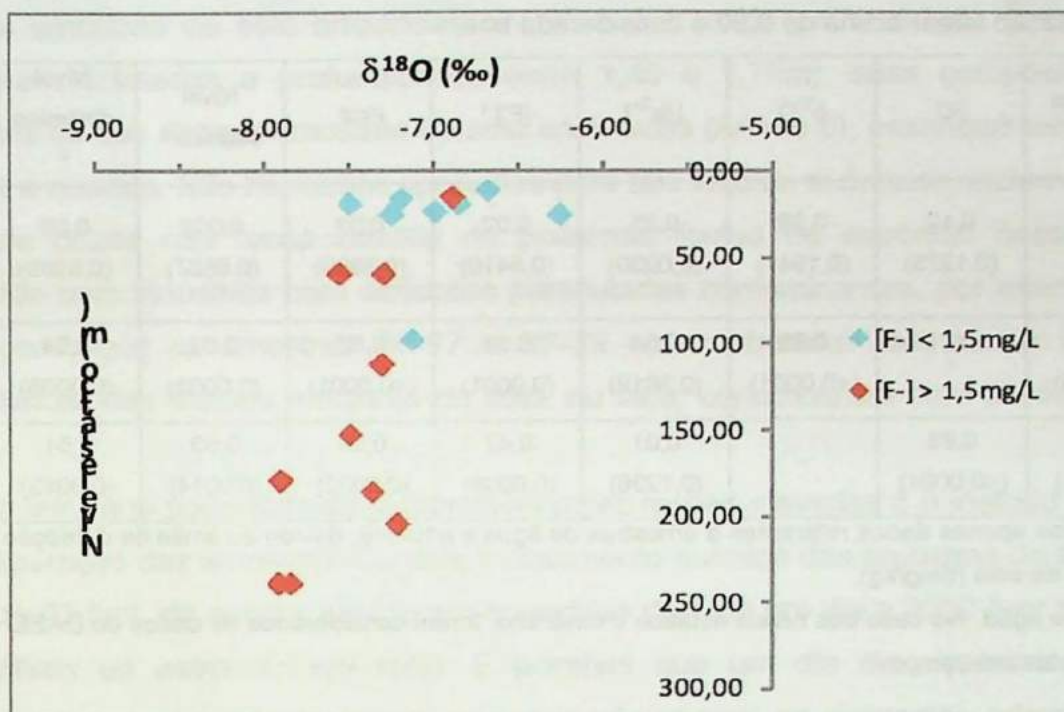


Figura 20. Razões isotópicas de oxigênio em função do nível estático dos poços amostrados. Poços que exploram o SAC apresentam nível estático mais profundo, com exceção do poço com nível estático de 15m (e com $[\text{F}^-] > 1,5\text{mg/L}$).

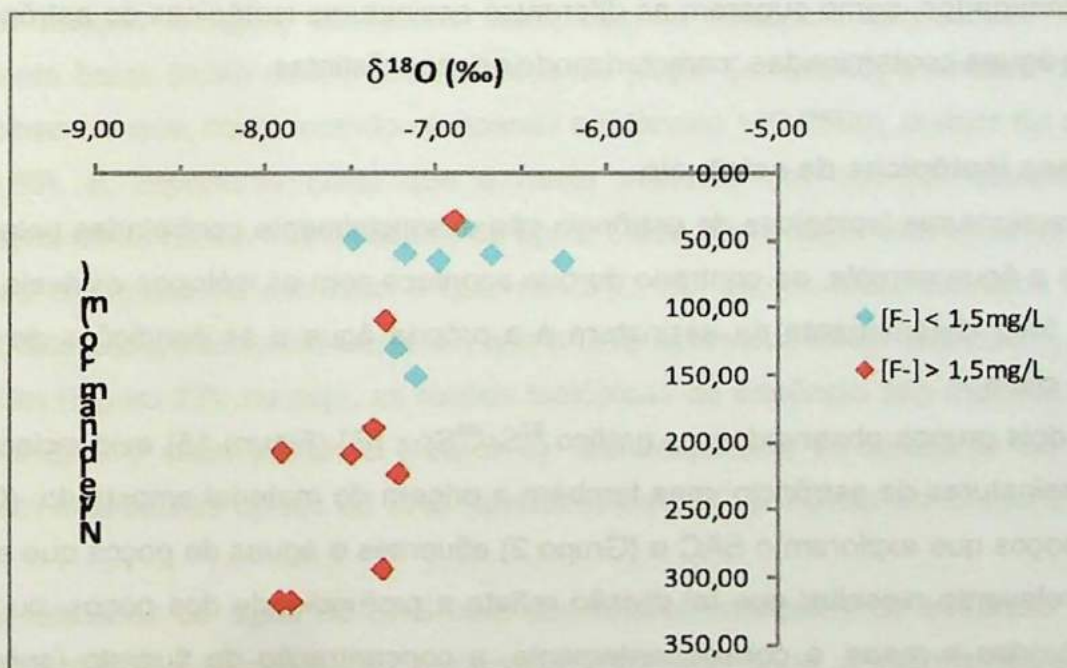


Figura 21. Razões isotópicas de oxigênio em função do nível dinâmico dos poços amostrados. Poços que exploram o SAC apresentam nível dinâmico mais profundo, com exceção do poço com nível dinâmico de 35m (e com $[\text{F}^-] > 1,5\text{mg/L}$).

Tabela 2. Correlação linear entre razões isotópicas e outros parâmetros. P-valor (significância) indicado entre parênteses. P-valor abaixo de 0,05 indica boa correlação, sendo aceitáveis valores até 0,10. Correlação linear acima de 0,50 é considerada boa.

	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶	δD	δ ¹⁸ O	[Sr ²⁺]	[F] ¹	Prof.	Nível estático ²	Nível dinâmico ²	pH ²
Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶	-	0,12 (0,1275)	0,09 (0,1941)	0,25 (0,0230)	0,02 (0,5410)	0,03 (0,3889)	0,002 (0,8587)	0,03 (0,5385)	0,08 (0,6831)
δD	0,12 (0,1275)	-	0,88 (<0,0001)	0,04 (0,3619)	0,54 (0,0001)	0,57 (<0,0001)	0,63 (0,0003)	0,54 (0,0008)	0,61 (<0,0001)
δ ¹⁸ O	0,09 (0,1941)	0,88 (<0,0001)	-	0,01 (0,7236)	0,47 (0,0006)	0,54 (0,0002)	0,53 (0,0014)	0,51 (0,0013)	0,42 (0,0015)

¹ Considerados apenas dados referentes a amostras de água e efluente, devido ao limite de detecção de fluoreto nas análises de solo (5mg/kg).

² Amostras de água. No caso dos níveis estático e dinâmico, foram considerados os dados do DAEE; e para pH, valores medidos em campo.

Uma vez que contaminações antropogênicas originam-se na superfície, os poços rasos deveriam apresentar concentrações anômalas de fluoreto. Entretanto, não são encontrados valores elevados (acima de 1,5mg/L) de fluoreto nas águas mais rasas. As potenciais fontes de flúor na superfície (efluentes de indústrias) não estão relacionadas aos poços contaminados, como sugerem as diferentes assinaturas isotópicas de estrôncio entre efluentes e águas contaminadas, caracterizando origens distintas.

9. 2. Análises isotópicas de estrôncio

As assinaturas isotópicas de estrôncio são essencialmente controladas pelas rochas pelas quais a água percola, ao contrário do que acontece com os isótopos estáveis, em que o principal fator determinante da assinatura é a própria água e as condições de recarga, incluindo o clima.

Os dois grupos observados no gráfico ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr x [F⁻] (Figura 15) evidenciam não só distintas assinaturas de estrôncio, mas também a origem do material amostrado: (Grupo 1) águas de poços que exploram o SAC e (Grupo 2) efluentes e águas de poços que exploram o SAS. É relevante ressaltar que tal divisão reflete a profundidade dos poços, ou seja, de águas profundas e rasas, e conseqüentemente, a concentração de fluoreto (anômala ou normal). O poço que extrai água do SAC e do SAS encontra-se próximo ao Grupo 2 da Figura 15.

O limite de detecção de fluoreto nas análises de solo (5mg/kg) torna esses dados pouco conclusivos. Entretanto, nota-se que a assinatura isotópica de estrôncio dos solos é muito semelhante à das águas mais rasas (do SAS) e dos efluentes (Anexo 6), corroborando com os grupos propostos anteriormente. Duas das amostras de solo (BF-27 e

BF-29), entretanto, apresentaram valores elevados de razão de estrôncio (0,786800 e 0,757804, respectivamente), discordantes dos demais dados obtidos (Anexo 6). Embora se tratem das amostras de solo adquiridas a 4,60 e 9,10m de profundidade (enquanto as demais foram coletadas a profundidades entre 1,40 e 1,70m), suas composições são semelhantes às das demais amostras de solo analisadas (Anexo 6), essencialmente argilas com micas e quartzo. Não há razões aparentes para tais valores anômalos, inclusive porque no local da coleta não havia indícios de possíveis fontes de estrôncio nesses níveis (proximidade com indústrias com emissões particuladas contaminantes, por exemplo). Era de se esperar que as amostras BF-27 e BF-29 apresentassem assinaturas isotópicas semelhantes às das demais amostras de solo, ou seja, concordantes com as de água do SAS.

Um fator que pode ter sido responsável pelas razões elevadas é o método escolhido para a preparação das amostras. Durante o tratamento químico das amostras de solo, após a adição de 12,5mL de ácidos, elas foram aquecidas durante um dia a 80°C (ver subitem 6.5. 2. *Análises de estrôncio em solo*). É possível que um dia de aquecimento tenha provocado um ataque mais intenso, ou seja, que não apenas os elementos adsorvidos nos minerais (material lábil; mais móvel) tenham sido separados, mas que os próprios minerais tenham sido dissolvidos. Esses resultados anômalos obtidos deverão ser futuramente elucidados com a análise do resíduo dessas amostras. Devido ao tempo disponível, tais esclarecimentos não puderam ser feitos ainda neste trabalho.

Em relação à água, as razões isotópicas de estrôncio apresentam correlação relativamente baixa (0,30) com a profundidade do poço. Entretanto, a análise de gráficos permitiu observar que, considerando-se apenas o intervalo 100-250m, o valor da correlação dobra (0,66). É importante notar que é neste intervalo em que foi detectada maior concentração de estrôncio nas amostras de água. Outra observação interessante a respeito das razões isotópicas de estrôncio é que, no SAC, os valores mais elevados (acima de 0,722000) são encontrados em locais em que o SAS apresenta maior espessura, da ordem de 90-100m (Figura 22); ou seja, as razões isotópicas de estrôncio são maiores em locais em que o SAC é mais profundo (Anexo 6). Isso explicaria as amostras do SAC que apresentam assinaturas típicas do SAS (amostras do SAC próximas ao Grupo 2 da Figura 15).

As amostras de água do SAS com assinaturas isotópicas de estrôncio típicas do SAC, por outro lado, não podem ser explicadas do mesmo modo. A maioria dos parâmetros analisados (pH, concentrações de fluoreto e de estrôncio, profundidade do poço, níveis estático e dinâmico) parecem não estar relacionados com essas elevadas assinaturas de estrôncio no SAS. Entretanto, é interessante apontar que as amostras do SAS com

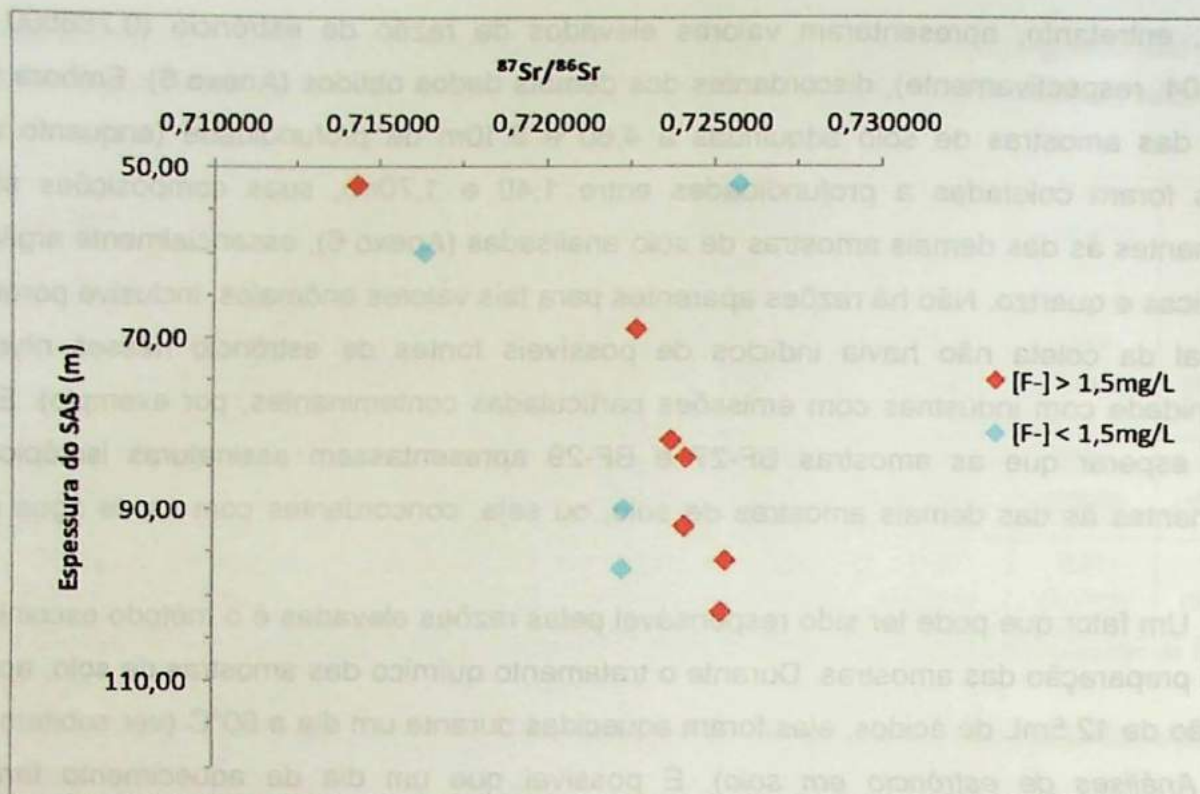


Figura 22. Razões isotópicas de estrôncio de amostras de água do SAC *versus* espessura do SAS no poço amostrado.

assinatura isotópica típica do SAC são também as que apresentam maiores valores de δD e $\delta^{18}\text{O}$ entre as amostras do SAS e, como mencionado anteriormente, as amostras com maiores razões de estrôncio tendem a apresentar maior $\delta^{18}\text{O}$ (Figura 16). Sugere-se, então, que tais amostras do SAS tenham uma origem distinta das demais, o que as aproxima, isotopicamente, de amostras do SAC.

A escassez de dados nos laudos do DAEE a respeito das litologias encontradas durante as perfurações dos poços não permite muitas comparações com os dados obtidos. Isso seria particularmente interessante para auxiliar a explicação a respeito das razões isotópicas de estrôncio características do SAS encontradas em três amostras do SAC e dos valores típicos do SAC no SAS, pois isso provavelmente está relacionando a mudanças litológicas, além da variação de espessura do SAS sobre o SAC, mencionada anteriormente. Pode-se observar apenas que os valores mais elevados de razão isotópica no SAC estão essencialmente relacionados a granitos, constituídos em geral por quartzo, feldspato e relativamente pouca biotita, e a gnaisses, cuja composição é semelhante à dos granitos, com variações na composição de máficos e esparsas ocorrências de granada.

A maioria dos valores de razão isotópica obtidos para o SAC não apresenta muita concordância com as assinaturas de estrôncio para granitos mais comumente encontradas na literatura (Halpern *et al.* 1974, Faure 1986, Martins 2005, Allègre 2008), da ordem de $0,710 \pm 0,005$ (Anexo 7). Por outro lado, há exemplos de granitos (Allègre 2008) e outras rochas ígneas ácidas (Faure 1986) cujas assinaturas são bem mais elevadas, atingindo

valores de 0,850 e 0,725, respectivamente. Portanto, os dados obtidos estão entre valores aceitáveis. Tal afirmação é válida também para as razões isotópicas do SAS, uma vez que em sedimentos as razões de estrôncio são ainda mais variáveis (Anexo 7) e os resultados obtidos estão contidos no intervalo esperado.

9. 3. Concentrações de estrôncio em água e solo

As concentrações de estrôncio, a princípio, não possuem uma relação tão clara com os demais parâmetros analisados. Tais valores apresentam pouca correlação com as razões isotópicas de deutério e de oxigênio, com valores inferiores a 0,05 em ambos os casos (Tabela 2).

Há um pico na concentração de estrôncio entre 150 e 250m de profundidade (Figura 23), na qual o embasamento já é atingido. Analisando-se separadamente os intervalos 0-250m e 250-405m, obtêm-se valores de correlação linear bem mais elevados que para o intervalo inteiro: 0,84 e 0,58, respectivamente. Sugere-se que as concentrações mais elevadas de Sr^{2+} estejam associadas a pegmatitos e/ou depósitos hidrotermais, considerando-se a geologia da área (ver subitem 5. 2. *Geologia Regional*) e os modos de ocorrência de estrôncio nas rochas (ver subitem 5. 4. 1. *Isótopos de estrôncio*). Esses possíveis depósitos poderiam também ser responsáveis pela origem do flúor nas águas mais profundas (ver subitem 5. 1. *Fluoreto*).

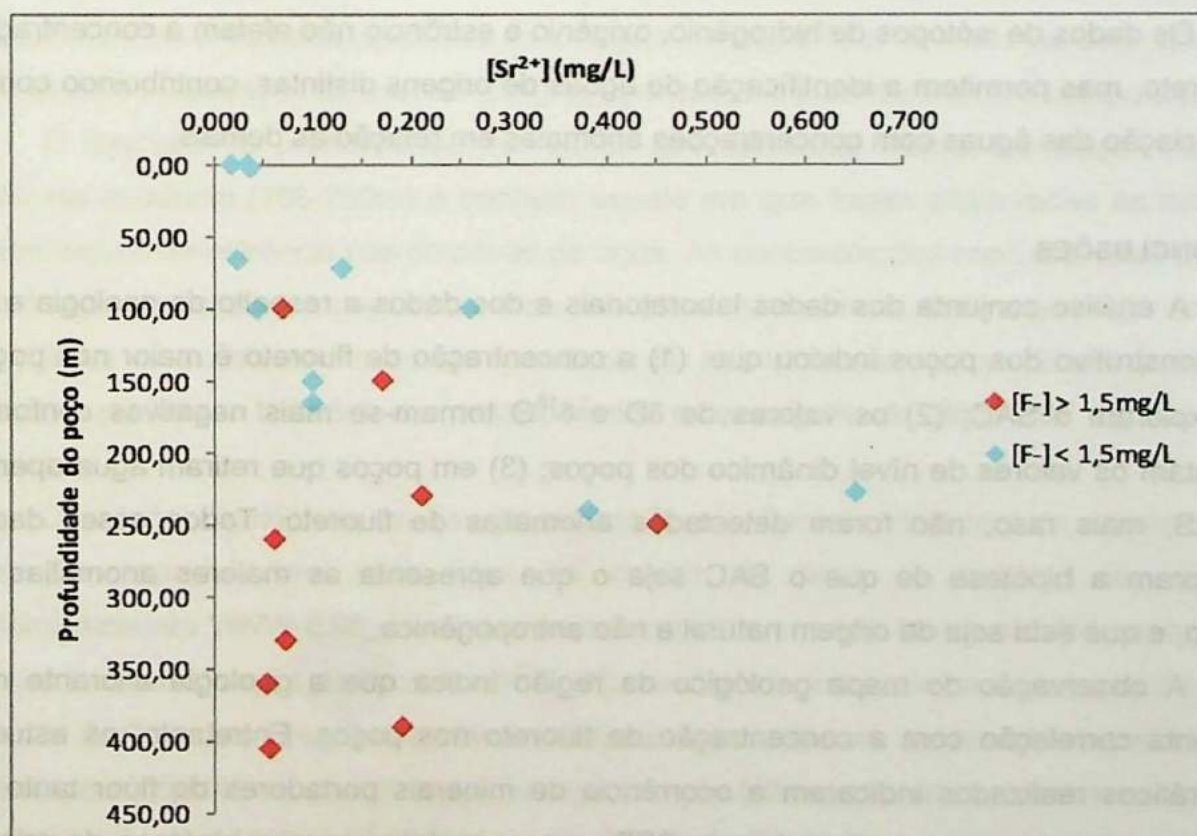


Figura 23. Concentração de estrôncio em função da profundidade do poço. Atentar que os poços mais profundos apresentam concentrações anômalas de fluoreto.

No caso das amostras de solo, a concentração de estrôncio apresenta pouquíssima correlação com a profundidade de amostragem. Se as amostras BF-27 e BF-29, que são mais profundas, forem excluídas da comparação, a correlação entre os referidos parâmetros aumenta, embora permaneça relativamente baixa (0,38). A profundidade de amostragem de solo também apresentou pouca correlação com as concentrações de fluoreto encontradas, possivelmente devido ao limite de detecção das análises (5mg/kg).

9. 4. Considerações finais

As relações entre os parâmetros estudados, discutidas nos itens anteriores, mostram que a profundidade da água apresenta certa influência na concentração de fluoreto, por duas razões principais: (1) águas mais profundas tendem a apresentar maior tempo de trânsito pelo aquífero, permitindo maior contato e equilíbrio com as rochas pelas quais a água percola; (2) em maiores profundidades há maior possibilidade de presença de fraturas preenchidas por fluidos hidrotermais e de pegmatitos, ambos os casos podendo constituir ocorrências de minerais portadores de flúor. O fator que realmente controla a anomalia de fluoreto, como discutido anteriormente, é essencialmente estrutural: as maiores concentrações encontram-se em uma faixa aproximadamente WNW-ESE no centro da região de estudo, onde há uma depressão na superfície do embasamento, a qual pode ser devida a falhas, comuns no embasamento da BSP. A presença de falhas poderia ter contribuído para a percolação de fluidos hidrotermais, os quais podem conter flúor

Os dados de isótopos de hidrogênio, oxigênio e estrôncio não afetam a concentração de fluoreto, mas permitem a identificação de águas de origens distintas, contribuindo com a diferenciação das águas com concentrações anômalas em relação às demais.

10. CONCLUSÕES

A análise conjunta dos dados laboratoriais e dos dados a respeito da geologia e do perfil construtivo dos poços indicou que: (1) a concentração de fluoreto é maior nos poços que exploram o SAC; (2) os valores de δD e $\delta^{18}O$ tornam-se mais negativos conforme aumentam os valores de nível dinâmico dos poços; (3) em poços que retiram água apenas do SAS, mais raso, não foram detectadas anomalias de fluoreto. Todos esses dados corroboram a hipótese de que o SAC seja o que apresenta as maiores anomalias de fluoreto, e que esta seja de origem natural e não antropogênica.

A observação do mapa geológico da região indica que a geologia aflorante não apresenta correlação com a concentração de fluoreto nos poços. Entretanto, os estudos bibliográficos realizados indicaram a ocorrência de minerais portadores de flúor tanto no embasamento como nos sedimentos da BSP, o que contribui para a hipótese de origem natural da anomalia de fluoreto na água, provavelmente a maiores profundidades (dada a ausência de correlação do fluoreto com a geologia de superfície).

Os dados isotópicos apresentaram, de modo geral, boa correlação com as concentrações de fluoreto, possibilitando distinguir as águas contaminadas das não contaminadas. Além disso, as relações das razões isotópicas com grande parte dos demais parâmetros analisados sugerem a hipótese de origem natural das elevadas concentrações de fluoreto observadas na água da região de estudo.

Em relação aos isótopos estáveis, as águas de poços que exploram o SAS distinguem-se claramente daquelas provenientes do SAC, apresentando razões isotópicas de hidrogênio e de oxigênio menos negativas. A comparação com os dados de deutério e de oxigênio com os demais parâmetros analisados (concentração de fluoreto, pH, nível estático e nível dinâmico) também possibilita a divisão entre as águas mais rasas (do SAS), com menores concentrações de fluoreto, e as mais profundas (do SAC), com maiores concentrações de fluoreto. Tais relações também corroboram a hipótese da fonte natural da anomalia de fluoreto.

As assinaturas isotópicas de estrôncio permitiram a distinção de grupos que evidenciam a origem do material amostrado, de modo semelhante ao observado no caso dos isótopos estáveis: foi possível diferenciar os grupos: (1) das águas profundas, e (2) das águas rasas e efluentes de indústrias de vidro. Além disso, as razões isotópicas de estrôncio são maiores em locais em que o SAC é mais profundo. A origem natural também é corroborada pelas baixas concentrações de fluoreto nos efluentes. As amostras de solo, de modo geral, apresentaram razões de estrôncio próximas às das águas rasas, reforçando a hipótese de que a contaminação não tem origem na superfície. O limite de detecção das análises de concentração de fluoreto (5mg/kg), porém, não permitiu maiores comparações.

O intervalo de profundidade dos poços que apresenta melhor correlação com as razões de estrôncio (100-250m) é também aquele em que foram observadas as maiores concentrações de estrôncio nas amostras de água. As concentrações mais elevadas de Sr^{2+} podem estar associadas a pegmatitos e/ou depósitos hidrotermais, dada a geologia da área de estudo e os possíveis modos de ocorrência de estrôncio nas rochas. Esses possíveis depósitos poderiam também ser responsáveis pela origem do flúor nas águas mais profundas.

Os dados isotópicos e de concentração de fluoreto apresentam, ainda, uma correlação espacial: em uma faixa no centro da área de estudo, de direção aproximadamente WNW-ESE, localizam-se as amostras em que foram obtidos os maiores valores de concentração de fluoreto, $\delta^{18}\text{O}$, δD , razões de estrôncio, e espessura do SAS sobre o SAC. Nessa região também há uma depressão no relevo da superfície do embasamento cristalino, que pode ter sido gerada por falhas, comuns no embasamento da BSP. A presença de falhas contribuiria para a percolação de fluidos hidrotermais, os quais podem conter flúor. Além disso, a formação da depressão pode ter exposto materiais mais profundos, que poderiam ser portadores de flúor, considerando-se a geologia do

embasamento na região. A análise dos dados mais uma vez sugere a origem natural da anomalia de fluoreto.

Em suma, verificou-se que, entre os diversos parâmetros estudados, o que está diretamente relacionado à concentração de fluoreto na região da Barra Funda, zona oeste de São Paulo, é o controle estrutural do embasamento: é na depressão aproximadamente WNW-ESE no centro da área, formada possivelmente devido a falhas, em que se encontram os valores anômalos. Os dados de isótopos estáveis e radiogênico obtidos neste trabalho e as análises realizadas a partir deles, por possibilitarem a distinção entre águas de diferentes procedências, contribuíram para a identificação da origem da anomalia de fluoreto na área de estudo, indicando uma fonte natural e não antrópica.

Espera-se que este trabalho possa incentivar o uso de técnicas isotópicas na investigação de outros casos de contaminação de águas.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, M. D.; Lini, A.; Bierman, P. R. 2000. $\delta^{18}\text{O}$, δD and ^3H measurements constrain groundwater recharge patterns in an upland fractured bedrock aquifer, Vermont, USA. *Journal of Hydrology*, **228**: 101-12.
- Agrawal, V. 1997. Groundwater quality: focus on the fluoride problem in India. *CoGeoenvironmental Journal*, **10**. Apud Msonda et al. 2007.
- Allègre, C. J. 2008. *Isotope Geology*. Cambridge, Cambridge University Press. 534p.
- Almeida, F. F. M. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Acad. Bras. de Ciências*, **48**: 15-26.
- Andreazzini, M. J.; Figueiredo, B. R.; Licht, O. A. 2008. Geoquímica do flúor em águas e sedimentos fluviais da região de Cerro Azul, estado do Paraná: definição de áreas de risco para consumo humano. *Geologia Médica*, pp.118-25. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/geo_med18.pdf>. Acessado em Abril de 2009.
- Apambire, W. B.; Boyle, D. R.; Michel, F. A. 1997. Geochemistry, genesis, and health implications of fluoriferous groundwaters in the upper regions of Ghana. *Environmental Geology*, **33** (1): 13-24.
- Banner, J. L. 2004. Radiogenic isotopes: systematics and applications to earth surface processes and chemical stratigraphy. *Earth-Science Reviews*, **65**: 141-94.
- Bertolo, R. A. 1996. *Relações entre rios e o Aquífero Sedimentar da Bacia de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 108p.

- Bierman, P. R.; Albrecht, A.; Bothner, M. H.; Brown, E. T.; Bullen, T. D.; Gray, L. B.; Turpin, L. 1998. Erosion, weathering and sedimentation. *In*: Kendall, C. & McDonnell, J. J. 2006. *Isotope tracers in catchment hidrology*. Oxford, Elsevier. 647-78.
- Borba, A. W.; MIZUSAKI, A. M. P.; Silva, D. R. A.; Kawashita, K. 2003. Razões Isotópicas $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ como Traçadores de Proveniência de Rochas Sedimentares Siliciclásticas: Exemplos no Grupo Camaquã (Paleozóico inferior, RS, Brasil). *Pesquisas em Geociências*, **30** (2): 39-50. Disponível em: <<http://www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br/arquivos/pesquisas5.pdf>>. Acessado em Outubro de 2009.
- Brown, G. 1972. *The x-ray identification and crystal structures of clay minerals*. London, Jarrold & Sons. 544p.
- Brunelli, A. S. U.; Karruz, A. P.; Lima, D. O. de; Machado, F. T. H. F.; Okrent, K.; Bosisio, L. M. M.; Gumauskas, L. A. M.; Sobral, R.; Lins, S. de M.; Santos, S. R. dos. 2006. *Barra Funda*. Departamento do Patrimônio Histórico, Série Histórica dos Barros de São Paulo, 29. 104p.
- Bullen, T. D. & Kendall, C. 1998. Tracing of weathering reactions and water flowpaths: a multi-isotope approach. *In*: Kendall, C. & McDonnell, J. J. 2006. *Isotope tracers in catchment hidrology*. Oxford, Elsevier. 611-46.
- Cangussu, M. C. T.; Narvai, P. C.; Fernandez, R. C.; Djehizian, V. 2002. A fluorose dentária no Brasil: uma revisão crítica. *Cad. Saúde Pública*, **18** (1): 7-15. Disponível em: <http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2002000100002>. Acessado em Fevereiro de 2009.
- Capo, R. C.; Stewart, B. W.; Chadwick, O. A. 1998. Strontium isotopes as tracers of ecosystem processes: theory and methods. *Geoderma*, **82**: 197-225.
- Casa das Caldeiras. [s.d.]. *Histórico: Antigas I. R. F. M.* Disponível em: <<http://www.casascaldeiras.com.br/>>. Acessado em Novembro de 2009.
- Cavalcante, J. C. & Kaefer, L. Q. 1974. Geologia da folha de Santos (parcial). *In*: SBG, Congr. Bras. Geol., 28, *Anais...*, **4**: 227-45.
- Celligoi, A. 1999. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas. *Geografia*, **8** (1): 91-7. Disponível em: <http://www.admead.ufla.br/moodle/file.php/1/moddata/glossary/1/132/VA_riosAutoresEtnocA_dio1999.pdf#page=91>. Acessado em Abril de 2009.
- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. [s.d.]. *Água: Tratamento de Água: Fluoretação da Água*. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=4&proj=sabesp&pub=T&db=&docid=EBB9DD3B699FD043832571AE006289BA>>. Acessado em Outubro de 2009.

- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. 2001. *Manual de gerenciamento de áreas contaminadas*. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/manual.asp>. Acessado em Julho de 2009.
- _____. 2005. *Relatório: Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo*. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>. Acessado em Agosto de 2008.
- Cordani, U. G.; Sartori, P. L. P.; Kawashita, K. 1980. Geoquímica dos isótopos de estrôncio e a evolução da atividade vulcânica na Bacia do Paraná (sul do Brasil) durante o Cretáceo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **52** (4): 811-8.
- Chiossi, N. J. 1974. Investigações sobre a agressividade da água subterrânea no Metrô de São Paulo. Cia METRÔ de São Paulo. In: Cong. Int. Geol. Eng. 2º, pp.26-39.
- _____. 1980. Condições hidrogeológicas da Bacia Sedimentar de São Paulo. In: SBG/ABGE, Mesa Redonda: Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo, *Publ. Esp.*, pp. 95-116.
- Clark, I & Fritz, P 1997. *Environmental isotopes in hydrogeology*. Boca Raton, Lewis Publishers. 327p.
- Corrêa, W. L. P. 1984. *Caracterização química e mineralógica das argilas da região da Bacia do Alto Tietê – contribuição à gênese dos depósitos e à aplicação tecnológica*. Tese de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 135p.
- Coutinho, J. M. V. 1968. *Petrologia do Pré-Cambriano em São Paulo e arredores*. Tese de Provisório de Cátedra, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 174p.
- _____. 1972. Petrologia do Pré-Cambriano de São Paulo e arredores. *Bol. IG*, **3**: 5-99.
- Craig, H. 1961. Standard for reporting concentration of deuterium and oxygen-18 in natural waters. *Science*, **133**: 1833-4.
- Dardenne, M. A.; Rochi, L. H.; Bastos Neto, A. C.; Touray, J. C. 1997. Geologia da fluorita. In: Schobbenhaus, C.; Queiroz, E. T.; Coelho, C. E. S. (coords). 1997. *Principais depósitos minerais do Brasil - v.4, pt. B*. DNPM.
- Datta, P. S.; Deb, D. L.; Tyagi, S. K. 1996. Stable isotope (^{18}O) investigations on the processes controlling fluoride contamination of groundwater. *Journal of Contaminant Hydrology*, **24**: 85-96.
- Dean, H. T. 1938. Endemic fluorosis and its relation to dental caries. *Public Health Reports*, **53** (33): 1443-52. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/4582632?seq=1>>. Acessado em Março de 2009.

- Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE. 1975. *Estudo de águas subterrâneas, Região Administrativa 1 – Grande São Paulo*. 3 volumes.
- Departamento de Tecnologia da Arquitetura. [s.d.]. *Vidros: A indústria e a produção do vidro*. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.usp.br/fau/deptecnologia/docs/bancovidros/prodvidro.htm>>. Acessado em Novembro de 2009.
- Dickin, A. P. 2005. *Radiogenic isotope geology*. 2nd ed. Cambridge, Cambridge University Press. 509p.
- Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo - EMPLASA. 1984. *Carta geológica da região metropolitana de São Paulo*. São Paulo, EMPLASA. 1 mapa geológico. Escala 1:50.000.
- _____. 1995. *Barra Funda (São Paulo, SP)*. São Paulo, EMPLASA. 1 mapa topográfico. Escala 1:10.000.
- Environmental Protection Agency - EPA. 2009. Method 3050B. In: *Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Method (SW-846)*. Disponível em: <<http://www.epa.gov/waste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3050b.pdf>>. Acessado em Agosto de 2009.
- Faure, G. 1986. *Principles of Isotope Geology*. 2nd edition. New York, John Wiley & Sons. 589p.
- Faure, G. & Powell, J. L. 1972. *Strontium isotope geology*. New York, Springer-Verlag. 188p.
- Formoso, M. L. L. 1973. *Geologia da folha de Capivarita, RS: anortosito de Capivarita*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 226p.
- Fraga, C. G. 1992. *Origem de fluoreto em águas subterrâneas dos sistemas aquíferos Botucatu e Serra Geral da Bacia do Paraná*. Dissertação de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 178p.
- Frost, C. D. & Toner, R. N. 2004. Strontium isotopic identification of water-rock interaction and ground water mixing. *Ground Water*, 42 (3): 418-32.
- Gat Jr, I. A. 1971. Comments on the stable isotope method in regional groundwater investigation. *Water Resource Research*, 7: 980.
- Giancursi, F. D. & Lopes, M. F. C. 1980. *Aspectos hidrogeológicos da região da Grande São Paulo*. In: ABGE-SBG, Mesa Redonda: aspectos geológicos e geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo, *Publ. Esp.*, pp. 117-28.
- Gill, J. & Compston, W. 1973. Strontium isotopes in island arc volcanic rocks. *Reprinted from: Coleman, P. J. (ed.). The Western Pacific: island arcs, marginal seas, geochemistry*. 483-96.
- Goldschmidt, V. M. 1958. *Geochemistry*. Oxford, Claredon Press. 730p.

- Gonfiantini, R.; Fröhlich, K.; Araguás-Araguás, L.; Rozanski, K. 1998. Isotopes in groundwater hydrology. In: Kendall, C. & McDonnell, J. J. 2006. *Isotope tracers in catchment hidrology*. Oxford, Elsevier. pp. 203-46.
- Goñi, J.; Greffard, J.; Leleu, M.; Moniton, L. 1973. *Le fluor dans le eaux de boisson*. BRGM-73, SGN 429 AME. Apud Ribeiro 1992.
- GOOGLE. 2009. *Google Earth 5.0*. Disponível em: < <http://earth.google.com.br/>>. Acessado em Agosto de 2009.
- Guo, Q.; Wang, Y.; Ma, T.; Ma, R. 2007. Geochemical processes controlling the elevated fluoride concentrations in groundwaters of the Taiyuan Basin, Northern China. *Journal of Chemical Exploration*, **93**: 1-12.
- Halpern, M.; Cordani, U. G.; Berenholc, M. 1974. Variations in strontium isotopic composition of Paraná Basin volcanic rocks of Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **4** (4): 223-7.
- Hasui, Y. & Carneiro, C. D. R. 1980. Origem e Evolução da Bacia Sedimentar de São Paulo. In: ABGE-SBG, Mesa Redonda: aspectos geológicos e geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo, *Publ. Esp.*, pp. 5-13.
- Hennies, W. T.; Hasui, Y.; Penalva, F. 1967. O falhamento transcorrente de Taxaquara. In: SBG, Cong. Bras. Geol., 21, *Anais...*, pp. 159-68.
- Hirata, R. & Ferreira, L. 2001. Os aquíferos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: disponibilidade hídrica e vulnerabilidade à poluição. *Revista Brasileira de Geociências*, **31** (1): 43-50.
- Hodge, H. C. & Smith, F. A. 1965. *Fluorine chemistry*, 4. New York, J. H. Simons Ed., Academic Press. Apud Ribeiro 1992.
- Hoefs, J. 1997. *Stable Isotope Geochemistry*. 4th ed. Springer-Verlag. 201p.
- Ingraham, N. L. 1998. Isotopic variations in precipitation. In: Kendall, C. & McDonnell, J. J. 2006. *Isotope tracers in catchment hidrology*. Oxford, Elsevier. 87-118.
- Jacks, G.; Bhattacharya, P.; Chaudhary, V.; Singh, K. P. 2005. Controls on the genesis of some high-fluoride groundwaters in India. *Applied Geochemistry*, **20**: 221-8.
- Jesus, I. P. S. de. 2005. *Caracterização dos aquíferos em meio cristalino da porção W da Bacia do Alto Tietê*. Dissertação de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 203p.
- Juliani, C. 1992. O embasamento pré-cambriano da Bacia de São Paulo. In: ABAS/ABGE/SBG-SP, *Problemas Geológicos e Geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo*, pp. 3-20.
- Juliani, C.; Beljavskis, P.; Schorscher, H. D. 1986. Petrogênese do vulcanismo e aspectos metalogenéticos associados: Grupo Serra do Itaberaba na Região do São Roque – SP. In: SBG, Cong. Bras. Geol., 34, *Anais...*, 2: 730-43.
- Keck, M. & Jacobi, P. 2002. *Relatórios Preliminares 2001: A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê*. Projeto Marca d'Água. 35p.

- Klein, C. 2002. *The 22nd edition of the manual of mineral science (after James D. Dana)*. Nova York, J. Wiley. 641p.
- Leybourne, M. I.; Peter, J. M.; Johannesson, K. H.; Boyle, D. R. 2008. The Lake St. Martin bolide has a big impact on groundwater fluoride concentrations. *Geology*, **36** (2): 115-8.
- Martins, L. 2005. Geração e migração de magmas graníticos na crosta continental: estudos de detalhe em granitos e migmatitos da região de Nazaré Paulista (SP). Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 159p.
- Martins, V. T. de S. 2008. *Aplicação de isótopos de Pb, Sr, H e O como traçadores da recarga e da contaminação de aquíferos metropolitanos: um exemplo da Bacia do Alto Tietê*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 220p.
- Martins, V. T. de S.; Babinski, M.; Hirata, R.; Viviani, J. B.; Aily, C.; Ruiz, I. R. 2004. Aplicação de isótopos radiogênicos (Pb e Sr) e estáveis (H e O) como traçadores da recarga e da contaminação de aquíferos metropolitanos: um exemplo da Bacia do Alto Tietê. In: Simpósio de 40 anos de geocronologia no Brasil. *Boletim de resumos...*, p40.
- Martins, V. T. de S.; Babinski, M.; Ruiz, I. R.; Sato, K.; Souza, S. L.; Hirata, R. 2008. Establishing the analytical procedures for determination of Pb and Sr isotopic composition on water samples by ID-TIMS. *Química nova*, **31**: 65-75.
- McNutt, R. H. 2000. Strontium Isotopes. In: Cook, P. & Herczeg, A. L. *Environmental tracers in subsurface hidrology*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 233-60. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=obh70Q40K7oC&dq=Cook+Herczeg+Environmental+tracers+in+subsurface+hidrology&printsec=frontcover&source=bl&ots=WCtDg7jCxu&sig=kEmBGw67IRqZfPjVOBw5dQ9FWFo&hl=pt-BR&ei=MrOnSonNCYyZIAfmiMWAAQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q=&f=false>. Acessado em Setembro de 2009.
- Melo, M. S.; Caetano, S. L. V.; Coimbra, A. M. 1986. Tectônica e sedimentação na área das Bacias de São Paulo e Taubaté. In: SBG, Cong. Bras. Geol., **34**, *Anais...*, **1**: 321-36.
- Melo, M. S.; Coimbra, A. M.; Riccomini, C. 1989. Evolução dos conhecimentos sobre a geologia da Bacia de São Paulo na década de oitenta. In: Workshop Geologia da Bacia de São Paulo, *Coletânea das comunicações apresentadas no workshop*, pp.1-11.
- Mjengera, H. & Mkongo, G. 2002. Appropriate technology for use in fluoritic areas in Tanzania. In: 3rd Waternet/WARFSA Symposium on Water Demand Management for Sustainable Use of Water Resources, University of Dar Es Salaam. *Apud Msonda et al.* 2007.

- Mook, W. G. 2000. *Environmental Isotopes in the Hydrogeological Cycle: Principles and Applications*. Disponível em: <<http://www.iaea.org/programmes/ripc/ih/volumes/volumes.htm>>. Acessado em Novembro de 2008.
- Msonda, K. W. M.; Masamba, W. R. L.; Fabiano, E. 2007. A study of fluoride groundwater occurrence in Nathonje, Lilongwe, Malawi. *Physics and Chemistry of the Earth*, **32**: 1178-84. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acessado em Fevereiro de 2009.
- Murray, J. J. 1986. *Appropriate use of fluorides for human health*. World Health Organization. Apud Msonda et al. 2007.
- Négre, P.; Casanova, J.; Aranyossy, J. F. 2001. Strontium isotope systematics used to decipher the origin of groundwaters samples from granitoids: the Vienne case (France). *Chemical Geology*, **177**: 287-308. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V5Y-435KF76-6&_user=10&_coverDate=07%2F30%2F2001&_alid=1058188021&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_cdi=5799&_sort=r&_docanchor=&view=c&_ct=4226&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=dc1621b8b2aee99123fab828978322f3>. Acessado em Outubro de 2009.
- Négre, P. & Roy, S. 2002. Investigating the sources of the labile fraction in sediments from silicate-drained rocks using trace elements, and strontium and lead isotopes. *The Science of the Total Environment*, **298**: 163-81. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V78-46Y4C203&_user=10&_coverDate=10%2F21%2F2002&_alid=1058192902&_rdoc=2&_fmt=high&_orig=search&_cdi=5836&_sort=r&_docanchor=&view=c&_ct=8411&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=3acd87a0d5c9ff999bc296a60c7a1557>. Acessado em Outubro de 2009.
- Parisot, E. H. 1983. *As águas subterrâneas no centro-oeste do município de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 93p.
- Perroni, J. C. A.; Silva, R. B. G. da; Hirata, R.; Dozzi, L. de F. S. 1985. Ocorrências de fluoreto nos aquíferos da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo. In: V Simpósio Regional de Geologia, Atas..., **2**: 503-4.
- Petelet-Giraud, E.; Négre, P.; Gourcy, L.; Schmidt, C.; Schirmer, M. 2007. Geochemical and isotopic constraints on groundwater-surface water interactions in a highly anthropized site. The Wolfen Bitterfeld megasite (Mulde subcatchment, Germany). *Environmental Pollution*, **148**: 707-17. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VB5-4NDDT5M-1&_user=10&_coverDate=08%2F31%2F2007&_alid=1005858686&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_cdi=5917&_sort=r&_docanchor=&view=c&_ct=1&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=eae2577382a91984d91bb4df0356de87>. Acessado em Setembro de 2009.

- Pires, E. M. [s.d.]. História dos bairros paulistanos – Barra Funda. *Almanaque – Especiais: bairros*, Banco de dados Folha - Acervo Online. Disponível em: <http://almanaque.folha.uol.com.br/bairros_barra_funda.htm>. Acessado em Agosto de 2009.
- Rankama, K. & Sahama, T. H. G. 1950. *Geochemistry*. Chicago, The University of Chicago Press. 911p.
- Rede das Águas. 2002a. *A Bacia Hidrográfica do Tietê*. Disponível em: <http://www.rededasaguas.org.br/nucleo/na_hidrografia.htm>. Acessado em Maio de 2009.
- _____. 2002b. *A Bacia do Alto Tietê*. Disponível em: <http://www.rededasaguas.org.br/nucleo/alto_tiete.htm>. Acessado em Maio de 2009.
- Reimann, C. & Caritat, P. de. 1998. *Chemical Elements in the Environment: factsheets for the geochemist and environmental science*. Berlim/Nova York, Springer. 397p.
- Ribeiro, R. A. 1992. *Contribuição ao estudo do fluoreto nas águas subterrâneas da Bacia do Médio-Tietê (região de Piracicaba) – caracterização e metodologias propostas para sua extração*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 151p.
- Riccomini, C. 1989. *O rift continental da região sudeste do Brasil*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 256p.
- Riccomini, C.; Coutinho, J. M. V.; Guaraná, C. A.; Coimbra, A. M.; Hachiro, J.; Atêncio, D.; Iyomasa, W. S. 1988. Evidências de hidrotermalismo em sedimentos da Bacia de São Paulo: considerações genéticas. *An. Acad. Bras. Ciên.*, **60** (1): 105-6.
- Riccomini, C.; Coimbra, A. M.; Takiya, H. 1992. Tectônica e sedimentação na Bacia de São Paulo. In: ABAS/ABGE/SBG-SP, *Problemas Geológicos e Geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo*, pp. 21-45.
- Riccomini, C.; Sant'Anna, L. G.; Ferrari, A. L. 2004. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C. D. R.; Neves, B. B. B. (org). 2004. *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. pp351-405.
- Rocha, G. A.; Gonçalves, V. G.; Rebouças, A. C.; Barreto, L. M. B. 1989. Hidrogeologia da Bacia de São Paulo: estágio atual de conhecimento. In: Workshop Geologia da Bacia de São Paulo, *Coletânea das comunicações apresentadas no workshop*, pp. 44-59.
- Sant'Anna, L. G. 2001. Cimentação hidrotermal em depósitos sedimentares paleogênicos do Rift Continental do Sudeste do Brasil: mineralogia e relações tectônicas. *Rev. Bras. Geoc.*, **31** (2): 231-40.

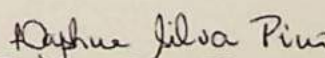
- Silva, R. B. G. da. 1983. *Estudo hidroquímico e isotópico das águas subterrâneas do aquífero Botucatu no Estado de São Paulo*. Dissertação de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 133p.
- Silva, D. R. A. 2006. *Aplicação de métodos radiométricos (Rb-Sr e Sm-Nd) na análise de bacias sedimentares - o exemplo da Bacia do Paraná*. Tese de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 134p. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/mestra_diogo_rodrigues.pdf>. Acessado em Outubro de 2009.
- Silva, C. M.; Freitas, M. L. M. G.; Adorno, T. M. 2007. *Contaminação dos Aquíferos São Paulo e Pré-Cambriano por fluoreto no bairro da Barra Funda – Município de São Paulo*. Trabalho de Formatura, Faculdades Oswaldo Cruz, São Paulo. 71p.
- Singh, G. & Clifford, D. A. 1984. *The equilibrium fluoride capacity of activated alumina*. Environmental Engineering Program. Houston, The University of Houston. 77004. Apud Ribeiro 1992.
- Takiya, H. 1997. *Estudo da sedimentação neogênico-quaternária no Município de São Paulo: caracterização dos depósitos e suas implicações na geologia urbana*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 151p.
- Tirumalesh, K.; Shivanna, K.; Jaliyal, A. A. 2007. Isotope hydrochemical approach to understand fluoride release into groundwaters of Ilkal area, Bagalkot District, Karnataka, India. *Hidrogeology Journal*, 15: 589-98. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/1711245355vuk264/fulltext.pdf>>. Acessado em Setembro de 2009.
- Thomaz Filho, A.; Mizusaki, A. M. P.; Kawashita, K.; Torquato, J. R. 1995. Cronologia Nuclear: Capítulo VI – datação de rochas sedimentares pelos métodos radiométricos rubídio-estrôncio (Rb/Sr) e potássio argônio (K/Ar). *Revista de Geologia*, 8: 187-223.
- Travi, Y. & Chernet, T. 1998. Fluoride contamination in the lakes region of the ethiopian rift: origin, mechanism and evolution. In: International Atomic Energy Agency (IAEA). *Application of isotope techniques to investigate groundwater pollution*, IAEA-TECDOC-1046, pp. 95-105.
- Vilomet, J. D.; Angeletti, B.; Moustier, S.; Ambrosi, J. P.; Wiesner, M.; Bottero, J. Y.; Chatelet-Snidaro, L. 2001. Application of strontium isotopes for tracing landfill leachate plumes in groundwater. *Environmental Science & Technology*, 35 (23): 4675-9. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es000169c>>. Acessado em Setembro de 2009.
- Voerkelius, S.; Lorenz, G. D.; Rummel, S.; Quézel, C. R.; Heiss, G.; Baxter, M.; Brach-Papa, C.; Deters-Itzelsberger, P.; Hoelzl, S.; Hoogewerff, J.; Ponzevera, E.; Van Bockstaele, M.; Ueckermann, H. (no prelo). Strontium isotopic signatures of natural

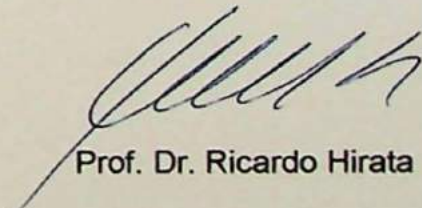
mineral waters, the reference to a simple geological map and its potential for authentication of food. *Food chemistry*. (aceito, sem data de publicação). Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T6R-4W7RYJ6-3-2&_cdi=5037&_user=5674931&_orig=search&_coverDate=05%2F08%2F2009&_sk=999999999&view=c&wchp=dGLzVlz-zSkzS&md5=717e0af5068a3679fe144e5585580c08&ie=/sdarticle.pdf>. Acessado em Agosto de 2009.

World Health Organization - WHO. 2004. *Fluoride in drinking water*. Disponível em: <<http://www.who.int>>. Acessado em Fevereiro de 2009.

_____. 2008. *Guidelines for drinking water quality – volume 1: recommendations*. 3rd ed. with 2nd addendum. Disponível em: <<http://www.who.int>>. Acessado em Fevereiro de 2009.

São Paulo, 16 de novembro de 2009


Daphne Silva Pino


Prof. Dr. Ricardo Hirata

ANEXO 1.

Dados dos poços do distrito da Barra Funda, São Paulo, compilados de cadastros do DAEE e da SMS/COVISA. Os dados de concentração de flúor adquiridos pela CETESB foram retirados de Silva *et al.* (2007).

Poço										
n° DAEE	Latitude (Nm)	Longitude (Em)	Cota (m)	Tipo de Poço	Uso	Estado do Poço	Profundidade Total (m)	Vazão (m3/h)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)
QTD_675	7398,032	330,721	-	-	-	-	100,00	2,00	15,00	35,00
QTD_907	7398,930	327,245	-	Tubular	Não utilizada	Outro	250,00	-	-	-
QTD_1760	7397,040	329,210	-	-	Doméstico	-	150,00	3,00	13,00	31,00
3430499	7398,390	333,350	723,00	Tubular	Doméstico	-	291,00	12,00	148,30	212,82
3430005	7399,810	328,320	734,29	Tubular	Água Mineral	Abandonado	248,50	34,50	129,32	164,10
3430006	7399,850	328,340	733,85	Tubular	Água Mineral	Equipado	235,00	21,40	122,08	169,69
3430020	7397,650	330,840	721,00	Tubular	-	-	150,00	3,00	185,50	237,00
3430023	7397,950	329,950	721,00	Tubular	-	-	100,00	4,00	12,00	61,00
3430030	7397,715	328,928	712,00	Tubular	-	-	100,00	2,00	15,00	20,00
3430038	7398,330	330,000	722,00	Tubular	-	-	-	3,00	15,00	115,00
3430057	7398,670	327,466	770,00	-	-	-	-	4,00	60,00	110,00
3430066	7397,150	329,600	-	Tubular	-	-	250,00	5,00	60,00	-
3430070	7379,470	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430081	7397,550	337,070	725,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	109,00	226,00	56,00	78,00
3430083	7396,620	334,540	-	Tubular	Industrial/Processo	Não equipado utilizável	200,00	400,00	54,80	124,80
3430084	7396,530	334,530	-	Tubular	Industrial/Processo	Jorrante equipado	242,00	348,80	15,00	62,00
3430107	7397,120	329,610	725,00	Tubular	-	-	250,00	3,00	50,00	220,00
3430110	7396,460	329,840	738,00	-	-	-	-	2,50	-	-
3430114	7397,220	329,390	725,00	Tubular	-	Equipado	300,00	5,00	40,00	160,00
3430150	7397,800	329,620	721,00	Tubular	Sanitário	-	405,00	3,03	153,25	210,13
3430156	7398,84	328,87	722,00	Tubular	-	equipado	234,15	10,00	157,58	170
3430192	7399,71	328,6	725,00	Tubular	-	-	106,00	4,40	11,20	80,00
					-	-	187,50	31,68	64,90	84,70

n° DAEE	Equipamento	Profundidade (m)	Perfuração					Perf.5	Tubo Liso.1 (material)
			Perf.1	Perf.2	Perf.3	Perf.4			
QTD_675	-	100,00	0-28,00m-12.1/4"	28,00-30,00m-8.1/2"	30,00-100,00m-6"	-	-	Aço Preto	
QTD_907	-	-	0-30,00m-10"	30,00-250,00m-6"	-	-	-	Aço Preto	
QTD_1760	-	-	0-28,00m-12.1/2"	28,00-83,00m-8.1/2"	83,00-150,00m-6"	-	-	Aço Preto	
3430499	Bomba submersa	228,00	0-41,00m-12.1/4"	41,00-46,00m-8.1/2"	46,00-291,00m-6"	-	-	Aço preto	
3430005	-	-	0-3,00m-20"	3,00-22,00m-12"	22,00-30,00m-10"	30,00-194,00m-8"	194,00-248,50m-6"	Aço preto	
3430006	Bomba submersa	180,00	0-14,00m-12"	14,00-28,50m-10"	28,50-180,00m-8"	180,00-235,00m-6"	-	Aço preto	
3430020	-	150,00	0-15,00m-12 1/4"	15,00-30,00m-8.1/2"	25,00-150,00m-6"	-	-	Aço Galvanizado	
3430023	Bomba submersa	-	0-20m-16"	20,00-100,00m-10"	-	-	-	Aço Galvanizado	
3430030	Bomba submersa	-	0-30,00m-17.1/2"	30,00-100,00m-12.1/4°	-	-	-	Aço	
3430038	Bomba submersa	-	0-40,00m-12.1/4"	40,00-50,00m-8.1/2"	50,00-150,00m-6"	-	-	Aço Galvanizado	
3430057	Bomba submersa	150,00	0-28,00m-12.1/4"	28,00-30,00m-8.1/2"	30,00-150,00m-6"	-	-	Aço Galvanizado	
3430066	Bomba submersa	-	0-96,00m-12.1/4	96,00-101,00m-8.1/2"	101,00-250,00m-6"	-	-	DIN 2440 - Galvanizado	
3430070	-	-	-	-	-	-	-	-	
3430081	Bomba submersa	78,00	0-12,00m-17.1/2"	12,00-104,00m-12.1/4"	104,00-109,00m-8.1/2"	-	-	Aço preto	
3430083	-	-	0-12,00m-18"	12,00-40,00m-14"	40,00-55,00m-12"	55,00-76,00m-12"	76,00-200,00m-8"	Aço preto	
3430084	Eixo prolongado	160,00	0-62,50m-19"	62,50-178,00m-6"	-	-	-	Aço preto	
3430107	Bomba submersa	-	0-90,00m-10"	90,00-250,00m-6"	-	-	-	Aço preto	
3430110	-	-	0-18,00m-17.1/2"	18,00-98,00m-12.1/4"	98,00-100,00m-8.1/2"	100,00-250,00m-6"	-	Aço Calandrado	
3430114	Bomba submersa	-	0-12,00m-17.1/2"	12,00-98,00m-12.1/4"	98,00-100,00m-12.1/4"	100,00-300,00m-6"	-	DIN 2440 - Galvanizado	
3430150	Bomba submersa	-	0-16,00m-16"	16,00-94,00m-12"	94,00-103,35m-10"	103,35-405,00m-6"	-	Aço preto	
3430156	Bomba submersa	180,00	0-13,50m - 16"	13,50-66,00m - 12"	66,00-84,00m - 8"	84,00-234,15m - 6"	-	0-13.5	
3430192	Bomba submersa	106,00	-	-	-	-	-	Aço preto	
	Bomba submersa	187,50	-	-	-	-	-	Aço preto	

[illegible]

nº DAEE	Filtros (m)												
	Traço.1	Volume.1 (m3)	C.2 (m)	Traço.2	Volume.2 (m3)	Material	F.1	F.2	F.3	F.4	F.5	F.6	F.7
QTD_675	-	1,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QTD_907	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QTD_1760	-	-	28.00-83.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430499	Argamassa	2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430006	Calda	1,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430020	-	1,37	0-30.00	-	-	Estampado	69,00 - 73,00	79,00 - 83,00	89,00 - 97,00	-	-	-	-
3430023	-	4,00	-	-	-	PVC Geomecânico	32 (total?)	-	-	-	-	-	-
3430030	-	2,00	-	-	-	PVC Geomecânico	70,00 - 100	-	-	-	-	-	-
3430038	-	1,37	15.00-50.00	-	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-
3430057	-	1,60	28.00-30.00	-	0,04	Aço Inox	25,00 - 27,00	30,00 - 33,00	35,00 - 37,00	40,00 - 42,00	44,00 - 47,00	55,00 - 58,00	-
3430066	-	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430070	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430081	Calda	1,00	-	-	0,28	-	69,00 - 73,00	79,00 - 83,00	89,00 - 97,00	-	-	-	-
3430083	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430084	-	-	-	-	-	Preto	25,00 - 27,00	30,00 - 33,00	35,00 - 37,00	40,00 - 42,00	44,00 - 47,00	55,00 - 58,00	-
3430107	-	-	-	-	-	Preto	77,00 - 79,00	-	-	-	-	-	-
3430110	-	1,30	0-100.00	-	5,50	-	-	-	-	-	-	-	-
3430114	-	1,41	-	-	-	Espir. Galvanizado	20 (total?)	-	-	-	-	-	-
3430150	Calda	1,00	99-103	Calda	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-
3430156	Argamassa	-	66.00-84.00	argamassa	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430192	Argamassa	0,50	-	-	-	Preto	54,00 - 56,00	77,00 - 79,00	85,00 - 87,00	93,00 - 95,00	98,00 - 100,00	-	-
			-	-	-	Preto	54,00 - 56,00	77,00 - 79,00	85,00 - 87,00	93,00 - 95,00	98,00 - 100,00	-	-

n° DAEE	Aqüífero			Explorado			Laboratório			Análise Química			
	F.8	F.9	Profundidade (m)		Explorado	Análise por	Laudol N° da Amostra	Data Análise	Cor (UC)	Turbidez (NTU)	pH		
			Sedimentar (até)	Cristalino (até)									
QTD_675	-	-	30,00	100,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-	-	-
QTD_907	-	-	30,00	250,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-	-	-
QTD_1760	-	-	28,00	150,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-	-	-
3430499	-	-	40,00	291,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-	-	-
3430005	-	-	20,00	248,50	Cristalino	-	-	-	-	-	-	-	-
3430006	-	-	12,00	235,00	Cristalino	Hidrolabor	4654/00	-	5,00	0,23	7,36	-	-
3430020	-	-	25,00	150,00	Cristalino	CETESB	-	13/09/2007	-	-	-	-	-
3430023	-	-	100,00	-	Sedimentar	CETESB	-	30/08/2007	-	-	-	-	-
3430030	-	-	100,00	-	Sedimentar	-	-	-	-	-	-	-	-
3430038	-	-	40,00	150,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-	-	-
3430057	-	-	-	150,00	Cristalino	CETESB	-	22/08/2007	-	-	-	-	-
3430066	-	-	96,00	250,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-	-	-
3430070	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430081	-	-	100,00	109,00	Sedimentar	Laboratório de Análises de Água	-	10/11/1992	-	-	-	-	-
3430083	-	-	69,00	200,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430084	-	-	19,00	152,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-	-	-
3430107	-	-	90,00	250,00	Cristalino	CETESB	-	23/08/2007	-	-	-	-	-
3430110	-	-	100,00	250,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-	-	-
3430114	-	-	98,00	300,00	Cristalino	CETESB	-	23/08/2007	-	-	-	-	-
3430150	-	-	82,00	405,00	Cristalino	Laboratório de Análises de Água	-	25/08/1993	5,00	0,30	6,60	-	-
						CETESB	-	17/01/2007	-	-	-	-	-
						CETESB	-	29/08/2007	-	-	-	-	-
3430156	-	-	68,00	234,15	Cristalino	Laboratório de Análises de Água	1949	??/11/94	5	0,30	8,6	-	-
3430192	-	-	-	187,50	Cristalino	-	-	-	-	-	-	-	-

n° DAEE	T(°C)	Eh	CE (mS)	Alcalinidade (mg/l CaCO3)	Resíduo Seco (mg/l)	Resíduo Mineral Fixo	TDS (mg/L)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	F (mg/l)	Fe (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NH3 (mg/l)	NH4 (mg/l)	Pb (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr (mg/l)	Ba (mg/l)
QTD_675	-	-	-	-	-	-	-	-	-	>1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QTD_907	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QTD_1760	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430499	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430006	-	-	-	130,20	194,00	-	-	18,00	15,30	0,20	0,03	0,10	0,01	0,02	0,01	0,05	0,10	0,05	0,50
3430020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430038	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430057	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430066	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430070	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430081	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430083	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430084	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430150	-	-	-	62,00	141,00	93,00	-	33,00	47,80	>1,5	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430156	-	-	-	52	128	-	-	24	44,7	-	0,13	0	0	0	0	-	-	-	-
3430192	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[illegible]

Poço										
n° DAAE	Latitude (Nm)	Longitude (Em)	Cota (m)	Tipo de Poço	Uso	Estado do Poço	Profundidade Total (m)	Vazão (m3/h)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)
3430195	7398,000	328,800	721,00	Tubular	-	-	250,00	1,30	155,00	176,00
3430219	7398,080	329,220	700,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	260,00	6,00	186,52	190,57
3430273	7396,700	332,350	742,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	328,00	5,54	6,00	194,00
3430302	7396,850	332,080	740,00	Tubular	Doméstico	Equipado	210,00	6,00	5,48	54,88
3430337	7399,700	328,750	725,00	-	Industrial/Sanitário	Equipado	130,00	2,70	9,00	84,50
3430338	7396,670	329,990	736,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	230,00	1,56	180,00	208,00
3430350	7398,040	333,430	722,00	Tubular	Recreação	Equipado	228,00	22,62	94,31	167,20
3430366	7398,680	337,690	723,00	Tubular	Industrial/Processo	Equipado	100,50	5,00	35,00	68,00
3430367	7398,760	337,680	723,00	Cisterna	Industrial/Processo	Equipado	4,50	3,00	1,00	-
3430384	7399,350	334,040	722,00	Tubular	Abastecimento público	Equipado	110,00	2,80	28,13	41,48
3430410	7397,940	334,880	723,00	Tubular	Recreação	Equipado	284,00	12,00	42,00	152,58
3430440	7396,243	331,574	800,00	Tubular	Doméstico	Equipado	240,00	5,00	6,40	40,40
3430457	7397,800	336,970	725,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	102,00	56,00	25,00	32,00
3430458	7397,680	336,850	725,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	132,00	38,00	56,00	78,00
3430459	7397,570	337,030	725,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	104,50	26,40	57,19	77,14
3430460	7397,580	336,770	725,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	135,00	39,60	62,17	71,55
3430468	7397,35	331,93	721,00	Tubular	Sanitário	Equipado	101,00	1,52	36,00	71,00
3430473	7379,840	337,700	723,00	Tubular	Outro	Equipado	257,00	28,70	121,53	131,94
3430474	7396,170	336,990	728,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	134,00	14,20	76,00	89,00
3430475	7396,470	336,820	728,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	122,00	14,00	70,00	93,00
3430476	7396,510	337,100	728,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	126,00	18,00	76,00	112,00

n° DAAE	Equipamento	Profundidade (m)	Perfuração					Tubo Liso.1 (material)
			Perf.1	Perf.2	Perf.3	Perf.4	Perf.5	
3430195	Bomba submersa	186,00	0-10.00m - 12"	10.00-60.00m - 10"	60.00-79.00m - 8"	79.00-250.00m - 6"	-	Aço preto
3430219	Bomba submersa	240,00	0-69.00m-12.1/2"	69.00-82.00m-9.7/8"	82.00-85.00m-8.1/2"	85.00-260.00m-6"	-	Aço preto
3430273	Bomba submersa	204,00	0-12.00m-12.1/4"	12.00-36.40m-8.1/2"	36.00-320.00m-6"	-	-	Galvanizado
3430302	Bomba submersa	60,00	0-6.00m-12.1/2"	6.00-62.00m-8.1/2"	62.00-210.00m-6"	-	-	Aço preto
3430337	Bomba submersa	102,00	0-20.00m-10"	20.00-130.00m-6"	-	-	-	Galvanizado
3430338	Bomba submersa	226,00	-	-	-	-	-	Aço preto
3430350	Bomba submersa	186,00	0-18.00m-17.1/2"	18.00-106.50m-12.1/4"	106.50-110.00m-8.1/2"	110.00-228.00m-6"	-	Aço preto
3430366	Bomba submersa	72,00	0-83.00m-12.1/4"	83.00-86.20m-8.1/2"	86.20-100.50m-6"	-	-	Galvanizado
3430367	-	-	0-12.00m-12"	-	-	-	-	-
3430384	Bomba submersa	48,00	0-25.00m-12.1/4"	25.00-110.00-6"	-	-	-	Aço preto
3430410	Bomba submersa	210,00	0-18.20m-12.1/4"	18.20-20.00m-8.1/2"	20.00-284.00m-6"	-	-	Aço preto
3430440	Bomba submersa	120,00	0-6.00m-17.1/2"	6.00-96.00m-12.1/4"	96.00-240.00m-6"	-	-	Aço Preto
3430457	-	-	-	-	-	-	-	-
3430458	-	-	0-9.00m24"	9.00-132.00m-18"	-	-	-	Mannesman
3430459	-	-	0-18.00m-17.1/2"	18.00-105.00m-12.1/4"	-	-	-	-
3430460	-	-	0-18.00m-22"	18.00-374.60m-14.1/4"	-	-	-	-
3430468	-	90,00	-	-	-	-	-	-
3430473	Bomba submersa	180,00	0-15.00m-12.1/4"	15.00-90.65m-25.1/2"	90.65-257.00m-6"	-	-	-
3430474	Bomba Submersa	105,00	0-12.00m-2"	12.00-134.00m-11.1/2"	-	-	-	Aço Preto
3430475	Bomba submersa	94,00	0-12.00m-25.1/4"	12.00-122.00m-11.1/2"	-	-	-	Aço preto
3430476	Bomba submersa	116,00	0-20.00m-25.1/4"	20.00-126.00-18"	-	-	-	Aço preto

n° DAAE	Revestimento						Tubo de Boca	Cimentação
	Tubo Liso.2 (material)	Tubo Liso.1	Tubo Liso.2	Tubo Liso.3	Tubo Liso.4	Tubo Liso.5		
3430195	-	0-79.00m - 3/16"	-	-	-	-	-	0-10,00
3430219	-	0.50-85.00m-6"	-	-	-	-	-	0-85
3430273	-	0-36.40m-6"	-	-	-	-	-	12,00
3430302	-	0.5-62.00m-6"	-	-	-	-	6,00	6,00
3430337	-	0-20.00m-6"	-	-	-	-	-	20,00
3430338	-	0-102.00m8"	-	-	-	-	-	-
3430350	-	0.4-110.00m-6"	-	-	-	-	18,000	18,00
3430366	-	0.3-100.50m-6"	-	-	-	-	-	12
3430367	-	-	-	-	-	-	4,500	-
3430384	-	0-25.00m6"	-	-	-	-	-	25,00
3430410	-	0.25-20.00m-6"	-	-	-	-	-	20,00
3430440	-	0.50-96.00m-6"	-	-	-	-	6,000	50,00
3430457	-	-	-	-	-	-	18,400	-
3430458	-	0-132.00m-8"	-	-	-	-	9,000	30,00
3430459	-	0-104.50m-6"	-	-	-	-	18,000	18,00
3430460	-	0-135.00m-8"	-	-	-	-	18,000	18,00
3430468	-	-	-	-	-	-	-	-
3430473	-	0.7-90.65m-6"	-	-	-	-	-	0-90.65m
3430474	-	0.50-138.00m-8"	-	-	-	-	12,450	12,00
3430475	-	0.50-120.00m-8"	-	-	-	-	12,650	12,00
3430476	-	0.50-126.00-8"	-	-	-	-	20,000	12,00

n° DAAE	Filtros (m)						Material	Filtros (m)									
	Traço.1	Volume.1 (m3)	C.2 (m)	Traço.2	Volume.2 (m3)	F.1		F.2	F.3	F.4	F.5	F.6	F.7	F.8	F.9	F.10	F.11
3430195	Calda	0,8	70,00-79,00	Calda	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430219	Calda	4,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430273	Calda	0,64	24,40	Calda	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430302	Calda	0,14	62,00	Calda	1,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430337	Calda	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430338	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430350	Calda	1,00	-	-	-	58,14 - 61,22	Espira. Inox	63,22 - 66,32	79,90 - 88,10	98,68 - 101,76	-	-	-	-	-	-	-
3430366	Calda	0,68	-	-	-	64,40 - 76,70	Espir. Galvanizado	79,70 - 82,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430367	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430384	Calda	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430410	Calda	1,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430440	Calda	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430457	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430458	-	-	-	-	-	59,00 - 61,00	Espirado galvanizado	66,00 - 69,00	77,00 - 79,00	81,00 - 83,00	88,00 - 91,00	93,00 - 96,00	99,00 - 102,00	-	-	-	-
3430459	-	-	-	-	-	58,00 - 61,00	Espir. Inox	64,00 - 71,00	72,00 - 75,00	78,00 - 80,00	81,00 - 86,00	88,00 - 91,00	92,00 - 94,00	-	-	-	-
3430460	-	-	-	-	-	69,00 - 71,00	Espir. Inox	74,00 - 77,00	79,00 - 85,00	87,00 - 108,00	115,00 - 118,00	121,00 - 127,00	-	-	-	-	-
3430468	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430473	Calda	2,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430474	Calda	2,80	-	-	-	42,00 - 54,00	Espir. Galvanizado	58,00 - 66,00	74,00 - 93,00	96,00 - 104,00	110,00 - 120,00	-	-	-	-	-	-
3430475	Calda	2,80	-	-	-	57,00 - 66,00	Espir. Galvanizado	74,00 - 76,00	80,00 - 82,00	90,00 - 92,00	105,00 - 107,00	-	-	-	-	-	-
3430476	Calda	2,80	-	-	-	73,00 - 80,00	Espir. Galvanizado	91,00 - 93,00	100,00 - 110,00	118,00 - 120,00	-	-	-	-	-	-	-

n° DAEE	Aquífero			Laboratório			Análise Química				
	F.8	F.9	Profundidade (m)		Explorado	Análise por	Laudor/ N° da Amostra	Data Análise	Cor (UC)	Turbidez (NTU)	pH
			Sedimentar (até)	Cristalino (até)							
3430195	-	-	60,00	250,00	Cristalino	Laboratório de Análises de Água	-	20/11/1994	5	0,3	6,6
3430219	-	-	69,00	260,00	Cristalino	Hidrolabor	-	02/08/2002	-	-	-
3430273	-	-	-	328,00	Cristalino	CETESB	-	30/08/2007	-	-	-
3430302	-	-	-	210,00	Cristalino	Hidrolabor	2371	28/05/1996	10,00	3,40	7,35
3430337	-	-	-	130,00	Cristalino	Hidrolabor	564	10/03/1997	5,00	0,25	6,41
3430338	-	-	102,00	230,00	Cristalino	Hidrolabor	97/2439	08/09/1987	5,00	0,85	7,77
3430350	-	-	100,00	228,00	Sedimentar/Cristalino	LAG LTDA	212-J	24/09/1997	5,00	1,00	7,50
3430366	-	-	83,00	100,50	Sedimentar/ Cristalino	CETESB	-	23/08/2007	-	-	-
3430367	-	-	4,50	-	Sedimentar (aluvião)	Hidrolabor	1423	02/06/1997	7,50	5,00	7,35
3430384	-	-	25,00	110,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430410	-	-	18,00	284,00	Cristalino	Hidrolabor	98/1071	03/04/1998	5,00	0,50	8,57
3430440	-	-	86,00	240,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430457	-	-	102,00	102,00	Sedimentar	-	-	-	-	-	-
3430458	105,00 - 108,00	122,00 - 126,00	132,00	132,00	Sedimentar	-	-	-	-	-	-
3430459	100,00 - 103,00	-	98,00	104,50	Sedimentar	-	-	-	-	-	-
3430460	-	-	130,00	135,00	Sedimentar	-	-	-	-	-	-
3430468	-	-	42,00	101,00	Sedimentar-Cristalino	Hidrolabor	97/2541	16/06/1997	60	71,5	7,13
3430473	-	-	90,00	257,00	Cristalino	Controle Hidrico de São Paulo	61544371 / 1998 61554372 / 1998	15/06/1998 15/06/1998	14,5 10,5	1,2 1,3	6,7 7
3430474	-	-	134,00	-	Sedimentar	Hidrolabor	99/0351	26/01/99	5,00	0,24	8,35
3430475	-	-	122,00	-	Sedimentar	-	-	-	-	-	-
3430476	-	-	126,00	-	Sedimentar	-	-	-	-	-	-

[illegible]

n° DAE	Cd (mg/l)	As (mg/l)	Sb (mg/l)	Br (mg/l)	Mn (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	Na (mg/l)	Zn (mg/l)	O (mg/l; Ácido Alcalino	SiO2 (mg/l)	Bactérias Heterotróficas (UFC/ml a 35°C 48h)	Coliformes Totais (/100ml)	Coliformes Fecais (/100ml)
3430195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	-	-	Ausentes	Ausentes
3430219	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430273	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,00	-	Ausente	Ausente
3430302	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70	16,00	-	Ausente	Ausente
3430337	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60	-	-	Ausente	Ausente
3430338	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,50	-	-	Ausente	Ausente
3430350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430366	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-	Ausente	Ausente
3430367	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,90	-	-	-	-
3430384	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430410	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	-	-	Ausente	Ausente
3430440	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430457	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430458	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430459	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430460	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430468	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	10,2	-	Ausentes	Ausentes
3430473	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	-	<500	Ausentes	Ausentes
3430474	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-	<500	Ausentes	Ausentes
3430475	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430476	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Poço										
n° DAAE	Latitude (Nm)	Longitude (Em)	Cota (m)	Tipo de Poço	Uso	Estado do Poço	Profundidade Total (m)	Vazão (m3/h)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)
3430477	7396,380	337,100	728,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	139,00	17,00	76,00	119,00
3430478	7396,490	336,910	728,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	250,00	30,00	73,75	97,45
3430484	7398,430	336,870	726,00	Tubular	Outro	Equipado	150,00	12,00	101,00	108,68
3430495	7398,260	333,300	723,00	Tubular	Doméstico	Abandonado	250,00	2,18	78,90	184,41
3430496	7398,330	333,310	723,00	Tubular	Doméstico	Equipado	300,00	2,05	81,50	187,18
3430497	7398,370	333,230	723,00	Tubular	Doméstico	Equipado	354,00	3,00	94,83	161,14
3430498	7398,390	333,410	723,00	Tubular	Doméstico	Equipado	330,00	6,54	76,27	125,51
3430499	7398,390	333,350	723,00	Tubular	Doméstico	Equipado	291,00	12,00	148,30	212,82
3430500	7398,300	333,530	725,00	Tubular	Doméstico	Equipado	304,00	9,00	146,37	191,10
3430501	7398,200	333,240	723,00	Tubular	Doméstico	Equipado	338,00	2,31	169,89	199,05
3430537	7398,770	336,360	725,00	Tubular	Outro	Equipado	281,00	18,00	117,00	203,00
3430538	7398,830	336,390	725,00	Tubular	Outro	Equipado	252,00	30,00	118,90	130,77
3430539	7398,840	336,370	725,00	Tubular	Outro	Equipado	290,00	25,00	123,00	133,10
3430542	7397,950	334,300	722,00	Tubular	Outro	Equipado	230,00	5,00	-	-
3430543	7397,720	334,250	722,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Não equipado utilizável	57,00	9,00	19,95	26,14
3430559	7396,800	328,730	740,00	Tubular	Outro	Equipado	66,00	2,50	20,00	50,00
3430571	7396,580	332,970	740,00	Tubular	Recreação	Equipado	49,50	7,80	11,20	26,54
3430614	7397,575	336,240	723,00	Tubular	Doméstico	Equipado	210,00	6,00	117,00	120,00
3430615	7399,740	328,330	725,00	Tubular	Industrial/Processo	Equipado	120,00	7,05	58,70	88,20
3430616	7398,180	334,430	723,00	Tubular	Outro	Equipado	254,00	5,00	15,00	90,00
3430617	7398,300	334,500	723,00	Tubular	Outro	Equipado	316,00	4,00	149,20	177,04
3430620	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430663	7397,910	336,510	723,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	258,00	39,60	122,20	133,89
3430667	7396,770	331,880	742,00	Tubular	Doméstico	Equipado	100,00	3,50	26,18	65,36
3430676	7396,630	336,360	725,00	Tubular	Industrial/Processo	Equipado	222,00	18,00	118,92	159,58

n° DAEE	Equipamento	Profundidade (m)	Perfuração					Tubo Liso.1 (material)
			Perf.1	Perf.2	Perf.3	Perf.4	Perf.5	
3430477	Bomba submersa	126,00	0-21,00m-25"	21,00-139,00-18"	-	-	-	Aço preto
3430478	Bomba submersa	132,00	0-12,00m-22"	12,00-134,61m-14.1/2"	134,61-137,11m-12.1/2"	137,11-250,00m-6"	-	Aço preto
3430484	Bomba submersa	120,00	0-15,00m-12.1/4"	15,00-120,00-8.1/2"	120,00-150,00-6"	-	-	-
3430495	-	-	0-6,00m-10"	6,00-200m-8"	200,00-250,00m-6"	-	-	-
3430496	Bomba submersa	220,00	0-74,00m-10"	74,00-107,00m-8"	107,00-300,00m-6"	-	-	-
3430497	Bomba submersa	180,00	0-45,00m-12.1/4"	45,00-46,40m-8.1/2"	46,40-354,00m-6"	-	-	Aço preto
3430498	Bomba submersa	180,00	0-73,00m-12.1/4"	73,00-78,50m-8.1/2"	78,50-330,00m-6"	-	-	Aço preto
3430499	Bomba submersa	228,00	0-41,00m-12.1/4"	41,00-46,00m-8.1/2"	46,00-291,00m-6"	-	-	Aço preto
3430500	Bomba submersa	222,00	0-84,00m-12.1/4"	84,00-98,85m-8.1/2"	98,85-304,00m-6"	-	-	Aço preto
3430501	Bomba submersa	222,00	0-63,00m-12.1/4"	63,00-66,45m-8.1/4"	66,46-338,00m-6"	-	-	Aço preto
3430537	Bomba submersa	240,00	0-12,00m-12.1/4"	12,00-91,00m-8.1/2"	91,00-281,00m-6"	-	-	Galvanizado
3430538	Bomba submersa	168,00	0-12,00m-12.1/4"	12,00-116,70m-9.7/8"	116,70-252,00m-6"	-	-	Aço preto
3430539	Bomba submersa	168,00	0-15,00m-12.1/4"	15,00-107,50m-8.1/2"	107,50-290,00m-6"	-	-	Galvanizado
3430542	-	-	-	-	-	-	-	-
3430543	Bomba submersa	42,00	0-12,00m-12.1/4"	12,00-57,00m-9.7/8"	-	-	-	Outro
3430559	Bomba submersa	56,00	0-56,00m-9.7/8"	-	-	-	-	PVC
3430571	Bomba submersa	44,00	0-12,00m-20"	12,00-47,50m-12.1/4"	47,50-49,50m-8.1/2"	-	-	Aço Preto
3430614	Bomba submersa	144,00	0-12,00m-17.1/2"	12,00-83,00m-12.1/4"	83,00-210,00m-6"	-	-	Outro
3430615	Bomba submersa	114,00	0-13,00m-15"	13,00-23,00m-12"	23,00-36,00m-10"	36,00-49,00m-8"	49,00-120,00m-6"	Aço Preto
3430616	bomba submersa	205,00	0-24,00m-14"	24,00-80,00m-7"	80,00-102,00m-8"	102,00-254,00m-6"	-	Galvanizado
3430617	Bomba submersa	196,00	0-24,00m-17.1/2"	24,00-90,00m-10"	90,00-316,00m-6"	-	-	Aço Preto
3430620	-	-	-	-	-	-	-	-
3430663	Bomba submersa	168,00	0-135,06m-12.1/4"	135,06-180,00m-8"	180,00-258,00m-6"	-	-	Galvanizado
3430667	Bomba submersa	86,00	0-12,00m-17.1/2"	12,00-53,00-12.1/4"	53,00-100,00m-6"	-	-	Aço Preto
3430676	Bomba submersa	180,00	0-14,50m-20"	14,50-132,00m-14.3/4"	132,00-137,00m-12.1/4"	137,00-222,00m-6"	-	PVC

n° DAEE	Revestimento						Tubo de Boca	Cimentação	
	Tubo Liso.2 (material)	Tubo Liso.1	Tubo Liso.2	Tubo Liso.3	Tubo Liso.4	Tubo Liso.5		C.1 (m)	
3430477	-	0.50-139.00m-8"	-	-	-	-	21,000	21,00	
3430478	-	0.5-137.11m-8"	-	-	-	-	12,000	12,00	
3430484	-	0-120.00m-6"	-	-	-	-	-	0-15.00m	
3430495	-	0.20-54.50m-8"	-	-	-	-	-	6,00	
3430496	-	-	-	-	-	-	-	-	
3430497	-	1.85-46.40m-6"	-	-	-	-	-	48,40	
3430498	-	0.50-78.50m-6"	-	-	-	-	-	73,00	
3430499	-	0.50-46.00m-6"	-	-	-	-	-	46,00	
3430500	-	0.15-98.85m-6"	-	-	-	-	-	84,00	
3430501	-	0.70-66.45m-6"	-	-	-	-	-	63,00	
3430537	-	0-91.00m-6"	-	-	-	-	-	0-91.00	
3430538	-	0-12.00m-10.1/4"	0-116.70m-8"	-	-	-	-	0-15.00	
3430539	-	0.50-107.50m-6"	-	-	-	-	-	0-15.00	
3430542	-	-	-	-	-	-	-	-	
3430543	-	0.50-56.00m-4"	-	-	-	-	12,000	12,00	
3430559	-	0-48.00m-4"	-	-	-	-	-	8,00	
3430571	-	0.35-43.46m-6"	-	-	-	-	12,000	12,00	
3430614	-	0-83.00m-6"	-	-	-	-	12,000	12,00	
3430615	-	0.20-49.00m-6"	-	-	-	-	15,200	49,00	
3430616	-	0-102.25m-6"	-	-	-	-	24,000	-	
3430617	-	0.70-90.00m-6"	-	-	-	-	24,000	90,00	
3430620	-	-	-	-	-	-	-	-	
3430663	-	0.60-135.06m-8"	-	-	-	-	0-135.06	135,06	
3430667	-	0.20-55.00m-6"	-	-	-	-	12,000	12,00	
3430676	-	0.70-137.00m-6"	0.70-137.00m-8"	-	-	-	15,000	14,15	

nº DAEE	Traço.1	Volume.1 (m3)	C.2 (m)	Traço.2	Volume.2 (m3)	Material	Filtros (m)						
							F.1	F.2	F.3	F.4	F.5	F.6	F.7
3430477	Calda	3,50	-	-	-	Espir. Galvanizado	79,00 - 81,00	87,00 - 101,00	110,00 - 125,00	131,00 - 133,00	-	-	-
3430478	Calda	2,52	-	-	-	Espir. Inox	78,12 - 81,12	99,82 - 105,82	112,43 - 118,43	124,99 - 130,99	-	-	-
3430484	Calda	0,85	15,00-120,00m	Calda	1,90	-	-	-	-	-	-	-	-
3430495	Calda	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430496	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430497	Argamassa	2,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430498	Argamassa	4,21	5,50	Argamassa	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
3430499	Argamassa	2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430500	Argamassa	4,85	14,85	Argamassa	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-
3430501	Argamassa	3,64	3,45	Argamassa	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
3430537	Calda	3,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430538	Calda	0,86	15-116,70	Calda	3,25	-	-	-	-	-	-	-	-
3430539	Calda	0,86	15,00-157,50	Calda	2,13	-	-	-	-	-	-	-	-
3430542	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430543	Calda	0,30	-	-	-	Outros	26,00 - 30,00	34,00 - 35,00	51,00 - 53,00	-	-	-	-
3430559	Calda	0,35	-	-	-	PVC	8,00 - 10,00	20,00 - 24,00	26,00 - 32,00	36,00 - 38,00	40,00 - 44,00	48,00 - 50,00	-
3430571	Calda	1,68	-	-	-	Espir. Inox	33,21 - 43,46	-	-	-	-	-	-
3430614	Calda	1,00	30,00	Calda	1,70	-	-	-	-	-	-	-	-
3430615	Calda	2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430616	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430617	-	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430620	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430663	Calda	5,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430667	Calda	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430676	-	1,05	-	-	-	PVC	69,50 - 89,50	97,50 - 105,50	117,50 - 121,50	-	-	-	-

n° DAEE	Aquífero			Explorado	Laboratório		Laud/ N° da Amostra	Data Análise	Análise Química		
	F.8	F.9	Profundidade (m)		Análise por	Cor (UC)			Turbidez (NTU)	pH	
			Sedimentar (até)								Cristalino (até)
3430477	-	-	139,00	-	Sedimentar	-	-	-	-	-	-
3430478	-	-	134,00	-	Sedimentar/Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430484	-	-	115,00	150,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430495	-	-	-	250,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430496	-	-	60,00	300,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430497	-	-	44,00	354,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430498	-	-	71,00	330,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430499	-	-	40,00	291,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430500	-	-	98,38	304,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430501	-	-	60,00	338,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430537	-	-	45,00	281,00	Cristalino	Hidrolabor	-	-	5,00	0,16	8,49
3430538	-	-	50,00	252,00	Cristalino	Hidrolabor	99/3392	13/07/99	5,00	0,21	8,03
3430539	-	-	30,00	90,00	Cristalino	Hidrolabor	99/3570	20/07/99	5,00	0,21	8,74
3430542	-	-	-	-	Sedimentar/Cristalino	Controle Hídrico de São Paulo	64254899/1998	18/07/98	4,50	0,50	6,80
3430543	-	-	52,00	57,00	Sedimentar	-	-	-	-	-	-
3430559	-	-	66,00	-	Sedimentar	LAG	-	-	6	2	6,9
3430571	-	-	475,00	495,00	Sedimentar	LTA	-	26/08/1999	5	-	7
3430614	-	-	76,00	210,00	Cristalino	-	-	-	5	0,33	8,12
3430615	-	-	14,00	120,00	Cristalino	Ambiental Laboratório e equipamentos LTDA.	64952	16/11/1999	-	<0,5	8,37
3430616	-	-	75,00	254,00	Cristalino	Microbiotécnica	04662/98	20/11/9998	<5	1,1	6,6
3430617	-	-	79,00	316,00	Cristalino	Hidrolabor	99/1315	14/03/1999	5	0,34	8,8
3430620	-	-	-	-	-	LABCRIS Análises Ambientais	9623/06	06/11/2006	2	<1	6,61
3430663	-	-	120,00	258,00	Cristalino	Hidrolabor	99/3540	19/07/1999	5	0,14	7,65
3430667	-	-	52,00	100,00	Cristalino	ATA	2545/99	19/10/1999	2,5	0,2	8
3430676	-	-	135,00	222,00	Cristalino	Bioagri	2753/05	23/06/05	<5	0,23	7,71

n° DAAE	T(°C)	Eh	CE (mS)	Alcalinidade (mg/l CaCO3)	Resíduo Seco (mg/l)	Resíduo Mineral Fixo	TDS (mg/L)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	F (mg/l)	Fe (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NH3 (mg/l)	NH4 (mg/l)	Pb (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr (mg/l)	Ba (mg/l)
3430477	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430478	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430484	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430495	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430496	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430497	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430498	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430499	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430501	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430537	-	-	0,22	109,13	-	-	141,00	9,95	-	-	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
3430538	-	-	0,25	117,19	-	-	162,00	9,95	-	-	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
3430539	-	-	0,26	100,74	-	-	168,00	13,93	-	-	0,03	0,07	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
3430542	-	-	-	26,00	-	-	96,00	12,00	15,60	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
3430543	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430559	-	-	-	32	-	-	84,8	16	20	<1,5	0,1	0	0,1	0	0	-	-	-	-
3430571	-	-	-	12	-	-	80	12,5	13	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
3430614	-	-	0,557	241,8	-	-	-	35,28	-	-	0,09	0	0,09	0	0	-	-	-	-
3430615	-	-	-	202	-	-	174	24	11	0,56	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0
3430616	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
3430617	-	-	0,332	119,77	-	-	216	21,89	-	-	0,15	0	0,07	0	0	-	-	-	-
3430620	20	-	-	-	-	-	146	2,79	<7	0,21	<0,004	4,163	<0,002	<0,01	-	<0,010	<0,012	<0,005	<0,045
3430663	-	-	0,299	145,98	-	-	-	15,92	-	-	0,13	0	0,08	0	0	-	-	-	-
3430663	-	-	-	124	-	-	-	-	-	-	0,05	0,09	0,002	-	0	-	-	-	-
3430663	-	-	-	43,1	-	-	265	13,1	10,6	-	<0,05	-	-	-	<0,1	-	-	-	-
3430667	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430676	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[illegible]

Poço										
n° DAEE	Latitude (Nm)	Longitude (Em)	Cota (m)	Tipo de Poço	Uso	Estado do Poço	Profundidade Total (m)	Vazão (m3/h)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)
3430677	7396,589	336,210	725,00	Tubular	Industrial/Processo	Equipado	324,00	19,80	51,2	153,2
3430704	7397,570	326,940	-	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	252,00	2,20	9,30	49,26
3430709	7397,390	328,320	720,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	92,00	3,00	5	52
3430742	7399,580	328,790	725,00	Tubular	Recreação	Equipado	120,00	13,00	28,43	83,17
3430747	7397,080	330,590	732,00	Tubular	Outro	Equipado	50,00	2,10	18	38
3430782	7396,150	31,080	757,00	Tubular	Doméstico	Equipado	258,00	4,80	8,95	170,40
3430792	7398,950	328,660	725,00	Tubular	Outro	Equipado	120,00	8,00	26,35	50,21
3430864	7397,270	327,480	743,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	72,00	2,00	20,00	40,00
3430955	7398,550	326,450	722,00	Tubular	Outro	Equipado	300,00	2,18	86,61	163,30
3430956	7398,570	326,480	722,00	Tubular	Outro	Equipado	300,00	9,00	42,78	197,97
3430957	7398,530	326,510	722,00	Tubular	Outro	Equipado	166,00	7,20	107,00	145,30
3430972	7397,250	334,440	723,00	Tubular	Não utilizada	Não equip. utilizável	172,00	3168,00	17	73,49
3430991	7397,230	328,240	740,00	Tubular	Outro	Equipado	165,00	11,28	17	59,9
3430992	7397,220	328,240	740,00	Tubular	Outro	Equipado	150,00	3,60	24,34	64,91
3431033	7399,58	328,06	722,00	Tubular	Outro	Equipado	150,00	12,00	94,52	96,9
3431034	7399,590	328,080	722,00	Tubular	Outro	Equipado	151,00	28,00	136,61	138,53
3431053	7398,290	332,400	722,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	300,00	12,00	8,50	91,70
3431115	7399,090	327,070	723,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	270,00	0,60	76	239
3431124	7398,350	327,870	720,00	Tubular	Doméstico	Equipado	390,00	3,70	112,26	295,65
3431145	7398,85	329,16	720,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	240,00	4,80	110,57	157,97
3431177	7398,38	332,33	722,00	Tubular	Industrial/Sanitário	-	170,00	9,00	12,97	113,93
3431184	7397,740	328,290	722,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	330,00	7,00	205	224,5

n° DAEE	Equipamento	Profundidade (m)	Perfuração					Tubo Liso 1 (material)
			Perf.1	Perf.2	Perf.3	Perf.4	Perf.5	
3430677	Bomba submersa	126,00	0-12.00m-17.1/2"	12.00-123.50m-12.1/4"	123.50-126.00m-9.7/8"	128.00-132.23m-8.1/2"	132.23-324.00m-6"	Aço inox
3430704	Bomba submersa	60,00	0-12.00m - 12.1/4"	12.00-51.00m - 8.1/2"	51.00-252.00m - 6"	-	-	Aço preto (1)
3430709	Bomba submersa	66,00	0-92.00m - 9.7/8"	-	-	-	-	PVC
3430742	Bomba submersa	120,00	0-12.00m - 17.1/4"	12.00-32.00m - 12.1/4"	32.00-120.00m - 6"	-	-	Aço preto
3430747	Bomba submersa	44,00	-	-	-	-	-	PVC
3430782	Bomba submersa	180,00	0-11.50m - 17.1/3"	11.50-97.50m - 12.1/4"	97.50-258.00m - 6"	-	-	Galvanizado
3430792	Bomba submersa	90,00	0-12.00m - 17.1/2"	12.00-52.00m - 12.1/4"	52.00-120.00m - 6"	-	-	Aço preto
3430864	Bomba submersa	48,00	0-72.00m - 9.7/8"	-	-	-	-	PVC
3430955	Bomba submersa	180,00	0-12.00m - 14.3/4"	12.00-38.00m - 8.1/2"	38.00-300.00m - 6"	-	-	-
3430956	Bomba submersa	210,00	0-12.00m - 14.3/4"	12.00-38.00m - 8.1/2"	38.00-300.00m - 6"	-	-	Aço preto
3430957	Bomba submersa	108,00	0-12.00m - 14.1/4"	12.00-54.00m - 8.1/2"	54.00-166.00m - 6"	-	-	Aço preto
3430972	Bomba submersa	150,00	0-13.00m-18"	13.00-81.50m-12"	81.50-87.00m-8"	87.00-172.00m-6"	-	Galvanizado
3430991	Bomba submersa	78,00	0-97.25m - 14"	97.25-150.00m - 10"	150.00-165.00m - 6"	-	-	Aço preto
3430992	Bomba submersa	120,00	0-23.6m - 17.1/2"	23.6-140.00m - 12.1/4"	104.00-109.00m - 8.1/2"	109.00-150.00m - 6"	-	Aço preto (1 a 3)
3431033	Bomba submersa	138,00	-	-	-	-	-	-
3431034	Bomba submersa	132,00	0-3.00m-12.1/4"	3.00-5.00m-9.7/8"	5.00-151.00m-8"	-	-	Galvanizado
3431053	Bomba submersa	144,00	0-25.00m-12.1/4"	25.00-35.00m-9.7/8"	35.00-40.00m-300.00m-6"	-	-	Galvanizado
3431115	Bomba submersa	240,00	0-88.00m - 12.1/4"	88.00-93.20m - 8.1/2"	93.20-270.00m - 6"	-	-	Aço preto
3431124	Bomba submersa	312,00	0-12.00m-14.3/4"	12.00-56.60m-8.1/2"	56.50-390.00m-6"	-	-	Aço preto
3431145	Bomba submersa	174,00	0-12.00m-12.1/4"	12.00-47.70m-8.1/2"	47.70-240.00m-6"	-	-	Galvanizado
3431177	Bomba submersa	144,00	0-12.00m-17.5"	12.00-34.00m-12.5"	34.00-36.00m-8.5"	36.00-170.00m-6"	-	-
3431184	Bomba submersa	270,00	0-12.00m-12.1/4"	12.00-84.00m-9.7/8"	84.00-90.60m-8.1/2"	90.60-330.00m-6"	-	Galvanizado

n° DAEE	Revestimento						Tubo de Boca	Cimentação
	Tubo Liso.2 (material)	Tubo Liso.1	Tubo Liso.2	Tubo Liso.3	Tubo Liso.4	Tubo Liso.5		
3430677	-	0-12.00m-12 3/4"	0-132.23m-6"	-	-	-	12,000	12
3430704	PVC (2 a 4)	0-12.00m - 10"	0-16.00m - 4"	24.00-48.00m - 4"	56.00-66.00m - 4"	-	12,000	12
3430709	-	0-48.00m-4"	52.00-58.00m - 4"	64.00-76.00m - 4"	78.00-82.00m - 4"	86.00-92.00m - 4"	-	12
3430742	-	0-20-52.00m - 6"	-	-	-	-	12,000	12
3430747	-	0-? - 4"	-	-	-	-	-	-
3430782	-	0-50-60.00m - 6"	64.00-71.00m - 6"	75.00-76.00m - 6"	80.00-87.00m - 6"	91.00-97.50m - 6"	12,000	11,5
3430792	-	0-60-52.00m - 6"	-	-	-	-	12,000	12
3430864	-	0-34.00m - 4"	36.00-39.00m - 4"	43.00-54.00m - 4"	58.00-62.00m - 4"	66.00-72.00m - 4"	-	12
3430955	-	-	-	-	-	-	-	0-12.00
3430956	Galvanizado	0-12.00m - 12.1/2"	1.00-40.00m - 6"	-	-	-	-	0-12.00
3430957	Galvanizado	0-12.00m - 12.1/2"	1.35-54.00m - 6"	-	-	-	-	0-12.00
3430972	-	0-60-152.40m-6"	-	-	-	-	13,000	13
3430991	-	0-22.18m - 8"	28.69-57.37m - 8"	76.83-83.66m - 8"	-	-	-	12
3430992	Galvanizado (4)	0-25.00m - 6"	31.00-71.00m - 6"	75.00-87.00m - 6"	103.00-109.00m - 6"	-	23,600	23,6
3431033	-	-	-	-	-	-	-	-
3431034	-	1.00-5.00m-8"	-	-	-	-	-	0-3.00
3431053	-	0-25.00m-6"	-	-	-	-	25,000	-
3431115	-	0-50-93.20m - 6"	-	-	-	-	93,700	93.2
3431124	Galvanizado	0-12.00m-12 3/4"	0.50-56.50m-6"	-	-	-	-	0-12.00
3431145	-	0.43-47.70m-6"	-	-	-	-	-	0-12.00
3431177	-	Aço Preto	Galvanizado	0-12.00m-12"	0.7-36.00m-6"	-	0-12.00	0-36.00
3431184	-	0.50-90.60	-	-	-	-	12,000	0-12.00

n° DAE	Trço.1	Volume.1 (m3)	C.2 (m)	Traço.2	Volume.2 (m3)	Material	Filtros (m)						
							F.1	F.2	F.3	F.4	F.5	F.6	F.7
3430677	-	0,9	-	-	-	Outros	56,94 - 60,94	65,84 - 69,84	72,72 - 78,72	82,00 - 84,00	86,00 - 90,00	114,00 - 120,00	122,95 - 124,95
3430704	Calda	0,7	-	-	-	PVC	16,00 - 24,00	48,00 - 56,00	-	-	-	-	-
3430709	Calda	0,5	-	-	-	PVC	48,00 - 52,00	58,00 - 64,00	76,00 - 78,00	82,00 - 86,00	-	-	-
3430742	Calda	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430747	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430782	Calda	0,7	-	-	-	Estampado galvanizado	60,00 - 64,00	71,00 - 75,00	76,00 - 80,00	87,00 - 91,00	-	-	-
3430792	Calda	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430864	Calda	0,6	-	-	-	PVC	34,00 - 38,00	39,00 - 43,00	54,00 - 58,00	62,00 - 66,00	-	-	-
3430955	Calda	0,684	12,00-38,00	Calda	0,471	-	-	-	-	-	-	-	-
3430956	Calda	0,684	12,00-40,00	Calda	0,507	-	-	-	-	-	-	-	-
3430957	Calda	0,684	12,00-54,00	Calda	0,761	-	-	-	-	-	-	-	-
3430972	-	-	-	-	-	Estampado galvanizado	50,00 - 54,00	72,00 - 76,00	82,00 - 84,00	-	-	-	-
3430991	Calda	0,8	-	-	-	Tubo ranhurado	22,18 - 28,69	57,37 - 76,73	83,66 - 97,25	-	-	-	-
3430992	Calda	1,6	-	-	-	PVC	25,00 - 31,00	71,00 - 75,00	87,00 - 103,00	-	-	-	-
3431033	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431034	Calda	0,163	3,00-5,00	Calda	0,056	-	-	-	-	-	-	-	-
3431053	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431115	Calda	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431124	Calda	1,065	12,00-56,50	Calda	0,817	-	-	-	-	-	-	-	-
3431145	Calda	0,0655	12,00-47,70	Calda	0,542	-	-	-	-	-	-	-	-
3431177	Calda	2,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431184	Calda	0,35	90,6	Calda	2,42	-	-	-	-	-	-	-	-

n° DAEE	Aquífero			Laboratório				Análise Química			
	F.8	F.9	Profundidade (m)		Explorado	Análise por	Laudor/ N° da Amostra	Data Análise	Cor (UC)	Turbidez (NTU)	pH
			Sedimentar (até)	Cristalino (até)							
3430677	-	-	120,00	324,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430704	-	-	49,00	252,00	Sedimentar-Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430709	-	-	92,00	-	Sedimentar	-	-	-	-	-	-
3430742	-	-	48,00	120,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430747	-	-	50,00	-	Sedimentar	Laboratório Aguahesp CETESB	8.739/1	15/12/2000 13/09/2007	5,00	0,40	7,60
3430782	-	-	68,00	258,00	Sedimentar-Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430792	-	-	48,00	120,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430864	-	-	72,00	-	Sedimentar	Grupo Hídrico e Saneamento de São Paulo	7674/1	01/03/2000	5	0,3	7,8
3430955	-	-	24,00	300,00	Cristalino	LABCRIS Análises Ambientais	1386	27/10/2001	2	3	6,8
3430956	-	-	38,00	300,00	Cristalino	LABCRIS Análises Ambientais	1387	27/10/2001	2	3	6,8
3430957	-	-	42,00	166,00	Cristalino	LABCRIS Análises Ambientais	1388	27/10/2001	1	2	6,9
3430972	-	-	50,00	172,00	Sedimentar-Cristalino	-	-	-	-	-	-
3430991	-	-	97,00	165,00	Cristalino	Proanálise	692-2001	05/02/2001	<1	0,80	-
3430992	-	-	90,00	150,00	Cristalino	Proanálise	962-2001	05/05/2001	<1	1,20	5,88
3431033	-	-	-	-	Cristalino	Labcris	01126	25/10/01	1	1	6,9
3431034	-	-	2,00	151,00	Cristalino	Hidrolabor	01/11723	12/11/2001	5	0,37	7,72
3431053	-	-	40,00	300,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3431115	-	-	84,00	270,00	Cristalino	Operator Meio Ambiente	OP-6367	24/07/2002	11,00	1,30	7,20
3431124	-	-	52,00	390,00	Cristalino	Hidrolabor CETESB	-	18/04/2002 30/08/2007	-	-	-
3431145	-	-	17,00	240,00	Cristalino	Hidrolabor	01/11283	27/11/2001	10	3,04	7,23
3431177	-	-	30,00	170,00	Cristalino	Água Química Labcris	377/2007 2282	26/03/2007 27/03/03	5 6,00	0,72 2,00	6,85 6,80
3431184	-	-	84,00	330,00	Cristalino	CETESB CETESB	-	17/01/2007 29/08/2007	-	-	-

[illegible]

n° DAAE	Cd (mg/l)	As (mg/l)	Sb (mg/l)	Br (mg/l)	Mn (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	Na (mg/l)	Zn (mg/l)	O (mg/l); Ácido Alcalino	SiO2 (mg/l)	Bactérias Heterotróficas (UFC/ml a 35°C 48h)	Coliformes Totais (/100ml)	Coliformes Fecais (/100ml)
3430677	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430704	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430709	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430742	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430747	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	-	Ausente	Ausente	Ausente
3430782	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430792	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430864	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	-	-	Ausentes	Ausentes
3430955	-	-	-	-	0,005	-	-	-	-	1,2	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes
3430956	-	-	-	-	0,013	-	-	-	-	0	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes
3430957	-	-	-	-	0,018	-	-	-	-	1	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes
3430972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3430991	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	100	Ausente	Ausente
3430992	-	-	-	-	0,10	-	-	-	-	0	-	240	Ausente	Ausente
3431033	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausente	Ausente	Ausente
3431034	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausente	Ausente	Ausente
3431053	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431115	-	-	-	-	<0,05	6,81	40,00	-	-	0,7	-	<1	<2	<2
3431124	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431145	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausente	Ausente	Ausente
3431177	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	Ausente	Ausente	Ausente
3431184	-	-	-	-	<0,015	12,00	-	-	-	-	18	Ausente	Ausente	Ausente
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Poço										
n° DAAE	Latitude (Nm)	Longitude (Em)	Cota (m)	Tipo de Poço	Uso	Estado do Poço	Profundidade Total (m)	Vazão (m³/h)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)
3431186	7396,990	329,920	-	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	321,00	5,00	185	230
3431241	7398,887	329,908	723,00	Tubular	Doméstico	Equipado	330,00	0,68	138	226,5
3431248	7397,170	329,040	730,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	230,00	13,42	161,2	181,3
3431274	7396,700	326,840	775,00	Tubular	Outro	Equipado	126,00	7,13	26,5	37
3431276	7397,430	332,860	722,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	160,00	5,80	6,5	101,06
3431295	7396,880	328,440	750,00	Tubular	Industrial/Processo	Equipado	70,00	4,20	42	56
3431304	7398,050	327,460	722,20	Tubular	Industrial/Processo	Jorrante equipado	100,00	1,00	4	12
3431305	7397,965	327,570	721,80	Tubular	Industrial/Processo	Tamponado	100,00	-	4	20
3431306	7398,155	327,480	722,10	Tubular	Abastecimento Público	Jorrante equipado	100,00	7,20	11	18
3431338	7397,630	329,480	721,00	Tubular	Industrial/Processo	Equipado	360,00	25,00	240,18	320,06
3431339	7399,765	331,872	795,00	Tubular	Doméstico	Equipado	350,00	3,00	31,4	293,4
3431349	7396,750	335,010	727,00	Tubular	Doméstico	Equipado	54,00	1,20	18,00	34,00
3431411	7399,210	325,090	-	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	210,00	4,80	83,00	131,20
3431441	7398,450	337,025	725,00	Tubular	Abastecimento Público	Equipado	218,00	15,00	170,00	-
3431454	7397,300	331,560	723,50	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	180,00	9,00	41,00	108,50
3431459	7397,330	331,950	725,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	240,00	2,48	26,36	130,43
3431464	7399,690	326,710	726,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	210,30	12,10	40,20	76,30
3431486	7397,880	326,720	725,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	227,50	1,00	99,10	151,20
3431498	7396,006	330,420	750,00	Tubular	Doméstico	Equipado	150,00	1,20	24,70	39,50
3431506	7399,590	329,450	-	Escavado/Cisterna/Cacimba	Outro	Outro	10,00	2,00	-	-
3431554	7396,557	332,358	742,00	Tubular	Doméstico	Equipado	25,50	0,60	6,52	6,26
3431570	7397,960	336,810	720,00	Tubular	Doméstico	Soterrado	144,00	-	-	-
3431575	7396,525	332,380	-	Tubular	Doméstico	-	27,00	0,60	6,65	8,15

n° DAAE	Equipamento	Profundidade (m)	Perfuração					Tubo Liso.1 (material)
			Perf.1	Perf.2	Perf.3	Perf.4	Perf.5	
3431186	Bomba submersa	300,00	0-18.00m-20"	18.00-95.00m-12.1/4"	95.00-321.00-6"	-	-	Aço preto
3431241	Bomba submersa	240,00	0-42.00m-12.1/2"	42.00-49.00m-8.1/2"	49.00-330.00m-6"	-	-	Galvanizado
3431248	Bomba submersa	186,00	0-12.00m-20"	12.00-114.00m-12.1/4"	114.00-117.00m-8"	117.00-230.00m-6"	-	Outros
3431274	Bomba submersa	108,00	-	-	-	-	-	PVC
3431276	Bomba submersa	120,00	0-36.00m-12.1/4"	36.00-40.00m-8.1/2"	40.00-160.00m-6"	-	-	Galvanizado
3431295	Bomba submersa	62,00	0-70.00m-7.7/8"	-	-	-	-	PVC
3431304	bomba submersa	44,00	0-10.00m-10"	10.00-15.00m-10 a 6"	15.00-100.00m-6"	-	-	Outros
3431305	-	-	0-10.00m-10"	10.00-15.00m-10 a 6"	15.00-100.00m-6"	-	-	Outros
3431306	Bomba submersa	42,00	0-10.00m-10"	10.00-15.00m-10 a 6"	15.00-100.00m-6"	-	-	Outros
3431338	Bomba submersa	330,00	0-60.00m12.1/4"	60.00-360.00m-6"	-	-	-	Outros
3431339	Bomba submersa	210,00	0-34.00m12.1/4"	34.00-36.00m-8.1/2"	36.00-350.00m-6"	-	-	PVC
3431349	Bomba submersa	45,00	0-15.00m-14"	15.00-54.00m-10"	-	-	-	Galvanizado
3431411	Bomba submersa	162,00	0-35.00m - 12.1/4"	37.00-210.00m - 6"	-	-	-	Aço preto
3431441	-	-	0-162.00m-6"	162.00-218.00m-8"	-	-	-	Galvanizado
3431454	Bomba submersa	132,00	0-12.00m-12.1/4"	12.00-71.00m-8.1/2"	71.00-180.00m-6"	-	-	Galvanizado
3431459	Bomba submersa	150,00	0-12.00m12.1/4"	12.00-77.00m-9.7/8"	77.00-240.00m-6"	-	-	Aço Preto
3431464	Bomba submersa	108,00	0-30.00m-8.1/2"	30.00-210.30m-6"	-	-	-	Aço Preto
3431486	Bomba submersa	156,00	0-54.00m-10"	54.00-75.30m-8"	75.30-227.50m-6"	-	-	Aço Preto
3431498	Bomba submersa	48,00	0-29.00m-12.1/4"	29.00-32.50m-8.1/2"	32.50-150.00m-6"	-	-	Aço Preto
3431506	-	-	0-10.00m-10"	-	-	-	-	Anel de concreto
3431554	Outros	0,50	0-25.50m-12.1/4"	-	-	-	-	Galvanizado
3431570	-	-	0-6.00m-12.1/4"	6.00-9.7/8"	-	-	-	Aço Preto
3431575	-	-	-	-	-	-	-	-

n° DAEE	Revestimento							Tubo de Boca	Cimentação C.1 (m)
	Tubo Liso.2 (material)	Tubo Liso.1	Tubo Liso.2	Tubo Liso.3	Tubo Liso.4		Tubo Liso.5		
3431186	-	0-18.00m-14"	0-152.00m-6"	-	-	-	-	18,000	18
3431241	-	0.70-49.70m-6"	-	-	-	-	-	-	0-42.00
3431248	-	0-117.00m-6"	-	-	-	-	-	12,000	12
3431274	-	0-96.00m-4"	-	-	-	-	-	-	-
3431276	-	0.50-40.00m-6"	-	-	-	-	-	-	40
3431295	-	0-70.00m-4"	-	-	-	-	-	-	21
3431304	-	10.00-70.00m-6"	-	-	-	-	-	10,000	-
3431305	-	10.00-70.00m-6"	-	-	-	-	-	10,000	-
3431306	-	10.00-70.00m-6"	-	-	-	-	-	10,000	-
3431338	-	0.50-92.00m-6"	-	-	-	-	-	12,000	30
3431339	-	0-36.00m-6"	-	-	-	-	-	-	36
3431349	-	0.50-54.00m-4"	-	-	-	-	-	15,000	15,00
3431411	-	0-37.00m - 6"	-	-	-	-	-	12,000	37
3431441	-	40-162.00m-6"	-	-	-	-	-	-	26,00
3431454	-	0-73.64m-6"	-	-	-	-	-	73,640	30,00-71,00
3431459	-	0-12.00m-10.1/4"	06-77.00m-6"	-	-	-	-	-	0-12,00
3431464	-	0.50-30.00m-6"	-	-	-	-	-	-	30,00
3431486	-	0.34-75.64m-6"	-	-	-	-	-	-	5,00
3431498	-	0-32.50m-6"	-	-	-	-	-	-	32,50
3431506	-	0-10.00m	-	-	-	-	-	10,000	-
3431554	-	0.0-18.00m-4"	-	-	-	-	-	-	12,00
3431570	-	0-6.00m-10.1/4"	-	-	-	-	-	-	0-6,00
3431575	-	-	-	-	-	-	-	-	-

n° DAEE	Traço.1	Volume.1 (m3)	C.2 (m)	Traço.2	Volume.2 (m3)	Material	Filtros (m)						
							F.1	F.2	F.3	F.4	F.5	F.6	F.7
3431186	Calda	1,8	-	-	-	Estampado preto	30,98 - 39,44	45,45 - 49,68	61,83 - 73,91	70,92 - 92,00	-	-	-
3431241	Calda	2,4	42,00-49,00	Calda	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
3431248	Calda	1	-	-	-	Tubo Rachurado	34,00 - 44,00	51,00 - 61,00	70,00 - 72,00	84,00 - 87,00	96,00 - 98,00	106,00 - 109,00	-
3431274	-	-	-	-	-	PVC	18,00 - 40,00	44,00 - 46,00	54,00 - 56,00	64,00 - 66,00	74,00 - 76,00	80,00 - 84,00	88,00 - 92,00
3431276	Calda	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431295	Calda	1,3	-	-	-	PVC	40,00 - 44,00	48,00 - 52,00	56,00 - 60,00	-	-	-	-
3431304	-	-	-	-	-	Tubo Rachurado	0,00 - 100,00	-	-	-	-	-	-
3431305	-	-	-	-	-	PVC	0,00 - 100,00	-	-	-	-	-	-
3431306	-	-	-	-	-	-	0,00 - 100,00	-	-	-	-	-	-
3431338	Calda	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431339	Calda	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431349	Calda	1,00	-	-	-	PVC	30,00 - 36,00	42,00 - 46,00	48,00 - 52,00	-	-	-	-
3431411	Calda	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431441	Calda	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431454	Calda	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431459	Calda	0,60	12,00-77,00	Calda	1,70	-	-	-	-	-	-	-	-
3431464	Argamassa	1,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431486	Calda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431498	Calda	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431506	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431554	Calda	0,51	-	-	-	Estampado galvanizado	18,00 - 25,50	-	-	-	-	-	-
3431570	Calda	0,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431575	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

n° DAEE	Aquífero		Explorado	Laboratório		Laudo/ N° da Amostra	Data Análise	Análise Química			
	Profundidade (m)			Análise por	Cor (UC)			Turbidez (NTU)	pH		
	Sedimentar (até)	Cristalino (até)									
3431186	-	-	92,00	321,00	Cristalino	Hidrolabor	03/2131	20/02/2003	5,00	0,01	7,68
3431241	-	-	42,00	330,00	Cristalino	CETESB	-	13/12/2006	-	-	-
3431248	-	-	117,00	230,00	Sedimentar-Cristalino	CETESB	-	17/01/2007	-	-	-
3431274	112,00 - 116,00	-	-	-	Sedimentar	-	-	-	-	-	-
3431276	-	-	4,00	160,00	Cristalino	COHESP	5520837383/2003	27/02/2003	6	0,48	7,4
3431295	-	-	70,00	-	Sedimentar	COHESP	4454930806/2002	27/03/2002	4	0,19	7,1
3431304	-	-	100,00	-	Sedimentar	COHESP - LAG	5914739584/2003	08/10/2003	4	0,2	7,6
3431305	-	-	100,00	-	Sedimentar	-	-	-	-	-	-
3431306	-	-	100,00	-	Sedimentar	-	-	-	0	0,68	6,91
3431338	-	-	92,00	360,00	Cristalino-Sedimentar	Ecolabor	26190/CA	21/01/2000	13	3,17	6,83
3431339	-	-	-	350,00	Cristalino	Ecolabor	26190-02/CA	21/01/2000	23	195	7,04
3431349	-	-	54,00	-	Sedimentar	CETESB	-	29/08/2007	-	-	-
3431411	-	-	36,00	210,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3431441	-	-	25,00	218,00	Cristalino	Hidrolabor	04/02005	01/03/2004	5	1,42	6
3431454	-	-	71,00	180,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3431459	-	-	-	240,00	Cristalino	Bioagri Ambiental LTDA	0528/05	31/04/2005	<5	-	8,3
3431464	-	-	28,00	210,30	Cristalino	Hidrolabor	04/04838	05/11/2004	5	0,01	7,92
3431486	-	-	60,00	227,50	Cristalino	AGUAHESP	23485/1	17/03/2005	2,5	0,1	6,8
3431498	-	-	-	150,00	Cristalino	Controlab	0690/01/05A	15/03/2005	3	1	8,15
3431506	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431554	-	-	25,00	-	Sedimentar	Digilab	1454/05	18/05/2005	-	-	-
3431570	-	-	132,00	144,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3431575	-	-	-	-	Sedimentar	-	-	-	-	-	-

n° DAE	T(°C)	Eh	CE (mS)	Alcalinidade (mg/l CaCO3)	Resíduo Seco (mg/l)	Resíduo Mineral Fixo	TDS (mg/L)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	F (mg/l)	Fe (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NH3 (mg/l)	NH4 (mg/l)	Pb (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr (mg/l)	Ba (mg/l)
3431186	-	-	0,26	90,00	-	-	-	10,00	9,07	-	0,02	0,11	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431241	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431248	24	-	-	157	-	-	342	-	-	6,71	2,83	0,24	0	0	0	0	0	0	0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431274	-	-	-	12	-	-	54	28	9	0,05	0,21	0	0,1	0,1	0	-	-	-	-
	-	-	-	24	-	-	53	12	5	-	0,1	-	-	-	0	-	-	-	-
3431276	-	-	-	56	-	-	28	48	3	0	0,01	0	0,1	-	0	-	-	-	-
3431295	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431304	20	-	-	20	-	-	215	29	-	0,2	0,184	14	0	0	0	0	0	0	0,23
3431305	21	-	-	7	-	-	190	24	-	0	0,198	11	0	0,07	0	0	0	0	0
3431306	20	-	-	24	-	-	229	27	-	0,14	0,516	10	0	0	0,13	0	0,028	0	0
3431338	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431339	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431349	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431411	-	-	79	20,2	-	-	51	6	6,29	-	0,13	0,16	<0,01	<0,01	-	-	-	-	-
3431441	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431454	-	-	-	30	-	-	143	-	<5	1	<0,05	<0,1	<0,02	-	<0,1	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05
3431459	-	-	0,192	30	-	-	125	4	15,46	<1,5	0,02	0,05	0	0	0	-	-	-	-
3431464	-	-	-	50	-	-	25	9	21	-	0	-	-	0	0,02	0	0	0	-
3431486	25	-	-	57	-	-	216,6	1,04	5,09	0,59	0,02	0,3	0,003	-	0,211	0	0	0	0,5
3431498	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431506	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431554	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431570	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431575	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[illegible]

Poço										
nº DAAE	Latitude (Nm)	Longitude (Em)	Cota (m)	Tipo de Poço	Uso	Estado do Poço	Profundidade Total (m)	Vazão (m3/h)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)
3431590	7397,965	337,245	727,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	105,00	2,50	29,40	84,30
3431620	7399,710	329,450	726,00	Outro	Industrial/Processo	Equipado	95,00	1,00	10,00	65,00
3431629	7399,280	328,270	722,00	Tubular	Industrial/Processo	Equipado	210,00	3,79	118,11	139,18
3431633	7399,190	329,890	722,00	Tbular	Doméstico	Equipado	150,00	8,00	5,99	19,05
3431636	7396,960	326,700	749,00	Tubular	Doméstico	Equipado	70,00	4,00	13,00	52,50
3431638	7398,290	337,080	724,00	Tubular	Doméstico	Não equipado utilizável	98,00	9,48	73,00	84,90
3431639	7398,240	337,120	724,00	Tubular	Doméstico	Não equipado utilizável	148,00	14,43	88,85	121,18
3431667	7396,430	327,610	775,00	Tubular	-	-	45,00	-	-	-
3431668	7396,890	327,950	813,00	Escavado/Cisterna/Cacimba	Outro	Equipado	2,00	5,00	-	1,00
3431672	7399,360	335,600	772,00	Tubular	Industrial/Sanitário	Equipado	250,00	4,00	69,70	200,00
3431899	7396,23	331,08	755,00	Tubular	Exploração de água	Equipado	350,00	2,3	33,5	131
3431982	7398,33	332,75	723,00	Tubular	Outro	equipado	209,00	1,60	159	188
3431984	7398,384	332,675	802,00	Tubular	Doméstico	equipado	330,00	7,00	6,70	44,99
3431992	7396,830	329,630	746,00	Tubular	Outro	Equipado	95,00	5,20	32,00	35,20

n° DAEE	Equipamento	Profundidade (m)	Perfuração					Tubo Liso.1 (material)
			Perf.1	Perf.2	Perf.3	Perf.4	Perf.5	
3431590	Bomba submersa	96,00	0-12.00m-12.1/4"	12.00-49.70m-8.1/2"	49.70-105.00m-6"	-	-	Aço Preto
3431620	Bomba Submersa	65,00	0-10.00m-10.1/2"	10.00-95.00m-8"	-	-	-	Aço Preto
3431629	Bomba submersa	156,00	-	-	-	-	-	-
3431633	Bomba submersa	42,00	0-11.25m-12.1/4"	11.25-12.50m-8.1/2"	12.50-150.00m-6"	-	-	Aço preto/galvanizado
3431636	Bomba submersa	60,00	0-12.00m-12.1/4"	12.00-70.00m-9.7/8"	-	-	-	PVC
3431638	Bomba submersa	90,00	-	-	-	-	-	-
3431639	Bomba submersa	132,00	0-12.00m-17.1/2"	12.00-145.50m-12.1/4"	145.50-148.00M-8.1/2"	-	-	Aço preto
3431667	-	-	0-7.00m-6"	-	-	-	-	-
3431668	Outros	1,50	0-2.00,	-	-	-	-	-
3431672	Bomba submersa	240,00	-	-	-	-	-	-
3431899	Bomba submersa	180,00	0-12.00m-12.1/4"	12.00-69.30m-8.1/2"	69.30-350.00m-6"	-	-	Aço Preto
3431982	Bomba submersa	204,00	0-6.00-12.1/4"	6.00-30.00m-9.7/8"	30.00-33.00m-8.1/2"	33.00-209.00m-6"	-	Aço preto
3431984	Bomba submersa	186,00	0-37.00m-12.1/4"	37.00-39.00m-8.1/2"	39.00-330.00m-6"	-	-	Aço Preto
3431992	Bomba submersa	60,00	-	-	-	-	-	PVC

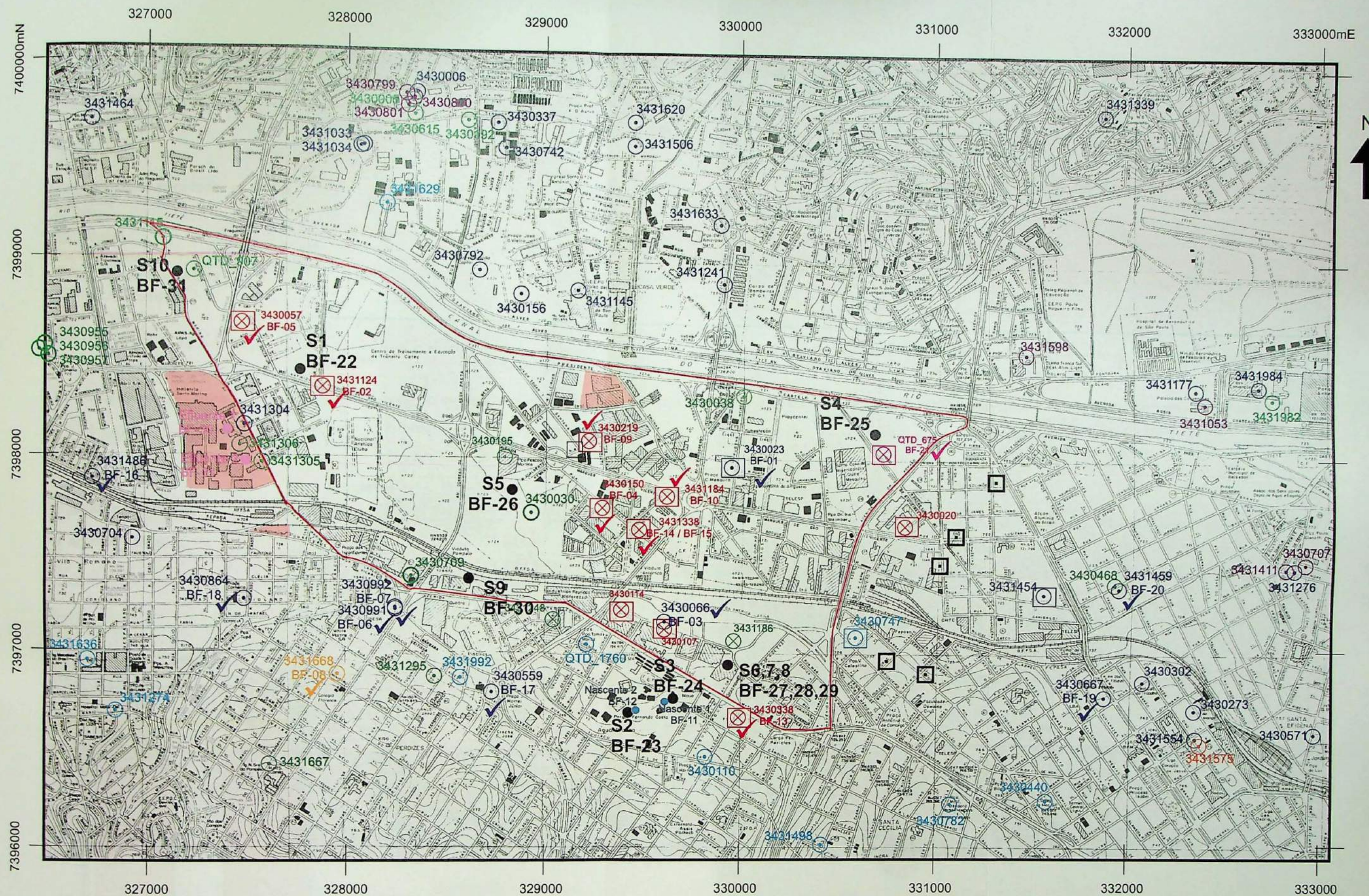
Revestimento									Tubo de Boca	Cimentação
n° DAEE	Tubo Liso.2 (material)	Tubo Liso.1	Tubo Liso.2	Tubo Liso.3	Tubo Liso.4	Tubo Liso.5				
3431590	-	0.60-49.70m-6"	-	-	-	-	12,000	11,40		
3431620	-	0-10.00m-10"	10.00-60.00m-8"	60.00-95.00m-8"	-	-	10,000	0-10.00		
3431629	-	-	-	-	-	-	-	-		
3431633	-	0.77-11.25m-10.1/4"	0.77-12.50m-6"	-	-	-	-	0-11.25		
3431636	-	0.50-70.00m-4"	0.60-1.00m-6"	-	-	-	12,000	12,00		
3431638	-	-	-	-	-	-	-	-		
3431639	-	0.5-152.40M-6"	-	-	-	-	12,000	12,00		
3431667	-	-	-	-	-	-	-	-		
3431668	-	-	-	-	-	-	-	-		
3431672	-	-	-	-	-	-	-	-		
3431899	PVC	0-69.30m-6"	0.50-243.50m-4"	-	-	-	-	0-12.00		
3431982	-	05-33.00m-6"	-	-	-	-	6,000	6		
3431984	-	0.50-39.00m-6"	0.60-231.50m-4"	-	-	-	-	0-39.00		
3431992	-	0-? - 4"	-	-	-	-	-	-		

n° DAEE	Filtros (m)												
	Trço. 1	Volume. 1 (m3)	C. 2 (m)	Trço. 2	Volume. 2 (m3)	Material	F. 1	F. 2	F. 3	F. 4	F. 5	F. 6	F. 7
3431590	Calda	0,65	49,10	Calda	0,57	-	-	-	-	-	-	-	-
3431620	Calda	0,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431629	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431633	Calda	0,65	11,25-12,50	Calda	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
3431636	calda	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431638	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431639	calda	0,50	-	-	-	Espirado inox	60,49 - 62,49	71,92 - 75,92	86,68 - 90,68	94,06 - 96,06	98,67 - 100,67	110,09 - 112,09	118,59 - 120,59
3431667	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431668	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431672	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431899	Calda	0,66	12,00-69,30	Calda	87	PVC	77,50 - 81,50	97,50 - 101,50	105,50 - 109,50	113,50 - 119,50	135,50 - 139,50	143,50 - 147,50	235,50 - 239,50
3431982	calda	0,5	33	Argamassa	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-
3431984	Calda	2,12	-	-	-	Estampado preto	53,40 - 59,75	83,75 - 90,10	114,10 - 120,45	144,45 - 146,45	170,45 - 176,80	194,80 - 201,15	219,15 - 225,50
3431992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

nº DAEE	Aquífero				Laboratório			Análise Química			
	F.8	F.9	Profundidade (m)		Explorado	Análise por	Laudor/ Nº da Amostra	Data Análise	Cor (UC)	Turbidez (NTU)	pH
			Sedimentar (até)	Cristalino (até)							
3431590	-	-	42,00	105,00	Cristalino	Biocacqua	005/94	14/07/2005	5	1,3	7,54
3431620	-	-	-	-	Cristalino	Labcris	822	31/10/2005	2	1	7
3431629	-	-	-	-	Cristalino	Hidrolabor	05/12675	28/09/2005	5	0,18	7,74
3431633	-	-	-	150,00	Cristalino	Hidrolabor	H06/04304	22/03/2006	15	0,54	6,86
3431636	-	-	-	70,00	Sedimentar	BMC	05110701.518/2005	07/11/2005	5	0,8	6,5
3431638	-	-	-	-	Sedimentar-Cristalino	-	-	-	-	-	-
3431639	136,89 - 138,98	142,37 - 144,37	132,00	148,00	Sedimentar-Cristalino	-	-	-	-	-	-
3431667	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431668	-	-	4,00	-	Sedimentar	Operator Meio Ambiente	OP 23097	20/09/2005	7	0,3	6,2
3431672	-	-	-	-	Cristalino	GC - Engenharia Ambiental	2153/06	08/03/2006	1	0,25	7,1
3431899	-	-	12,00	350,00	Cristalino	-	-	-	-	-	-
3431982	-	-	30,00	209,00	Cristalino	Centerlab	5289	26/03/2007	-	-	6,85
3431984	-	-	35,00	330,00	Cristalino	Água Química Centerlab	335/2007 5203	15/03/2007 15/03/2007	5 -	1,5 -	6,68 6,68
3431992	-	-	95,00 ?	-	Sedimentar	Controle Hidrico de São Paulo	104575438 / 2007	22/05/2007	7	0,65	8,2

n° DAEE	T(°C)	Eh	CE (mS)	Alcalinidade (mg/l CaCO ₃)	Resíduo Seco (mg/l)	Resíduo Mineral Fixo	TDS (mg/L)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	F (mg/l)	Fe (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	Pb (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr (mg/l)	Ba (mg/l)
3431590	-	-	-	-	-	-	48	10,3	16,7	1,4	0,03	0,02	0	-	0,67	0	0	0,02	0,06
3431620	26	-	-	-	-	-	314	0,1	32	0,6	0,035	0,68	<0,002	0	0	<0,01	<0,012	<0,005	<0,045
3431629	-	-	-	-	-	-	676,6	56	1,78	5,39	0,19	0	0	0	0,01	0	0	0	0
3431633	-	-	-	-	-	-	301,6	40	5,61	0,11	0,3	0	0	-	0	0	0,2	0	0
3431636	-	-	-	-	-	-	49	28	9	0,5	0,17	2,5	0,025	-	0,2	0,008	0,06	0,03	0,5
3431638	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431639	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431667	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431668	22	-	-	-	-	-	100	18,4	17	0,13	0,05	6,9	0,007	-	0,12	0	0	0	0
3431672	-	-	-	-	-	-	226	30	3	0,85	0,01	0,5	0	0	0,3	0	0	0	0
3431899	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	<0,5
3431984	21,2	-	-	-	-	-	215	35	20	0,2	0,2	5	0	<0,001	-	-	0,01	<0,001	-
3431992	21,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	<0,5
3431992	-	-	-	-	-	-	43,1	20	4,9	-	0,05	0,1	0	0	-	0	0,08	0,01	0

n° DAAE	Cd (mg/l)	As (mg/l)	Sb (mg/l)	Br (mg/l)	Mn (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	Na (mg/l)	Zn (mg/l)	O (mg/l); Ácido Alcalino	SiO2 (mg/l)	Bactérias Heterotróficas (UFC/ml a 35°C 48h)	Coliformes Totais (/100ml)	Coliformes Fecais (/100ml)
3431590	0	0	0	-	0	-	-	0	0,05	-	-	12	Ausentes	Ausentes
3431620	<0,005	<0,001	<0,005	-	0,015	-	-	-	0,011	-	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes
3431629	0	0	0	-	0	-	-	163,6	0	-	-	Ausentes	Ausentes	-
3431633	0	0	0	-	0,08	-	-	71,75	0,72	-	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes
3431636	0,002	0,005	0,004	-	-	-	-	8,14	-	-	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes
3431638	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431639	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431667	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431668	-	0	-	-	0	-	-	16	0	-	-	55	Ausente	Ausente
3431672	0	0	0	-	0,06	-	-	-	0,06	-	-	Ausente	Ausente	Ausente
3431899	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431982	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431984	-	-	-	-	0,02	-	-	-	0,01	-	-	Ausente	Ausente	Ausente
3431992	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3431992	0	0	0	-	0,06	-	-	2,6	0	-	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes



Anexo 2. Localização dos poços no distrito da Barra Funda, São Paulo, conforme dados cadastrados no DAEE. Modificado de: Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo (1995).

Legenda

- | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|--|
| ⊗ Poços F>1.5 mg/L cadastro rico | ⊙ Poços F<1.5 mg/L cadastro pobre | □ Poços de monitoramento |
| ⊗ Poços F>1.5 mg/L desativados | ⊙ Poços F<1.5 mg/L desativado | ■ Efluentes (CETESB) |
| ⊗ Poços F>1.5 mg/L sem cadastro | ⊙ Poços não levantados | □ Poços amostrados em 2007 em atividades da CETESB |
| ⊙ Poços F<1.5 mg/L cadastro rico | ⊙ Poço Raso cadastro rico | ● S# Amostragem de solo |
| ⊙ Poço Raso cadastro pobre | — Limite do distrito da Barra Funda | ✓ Coleta de amostra de água |

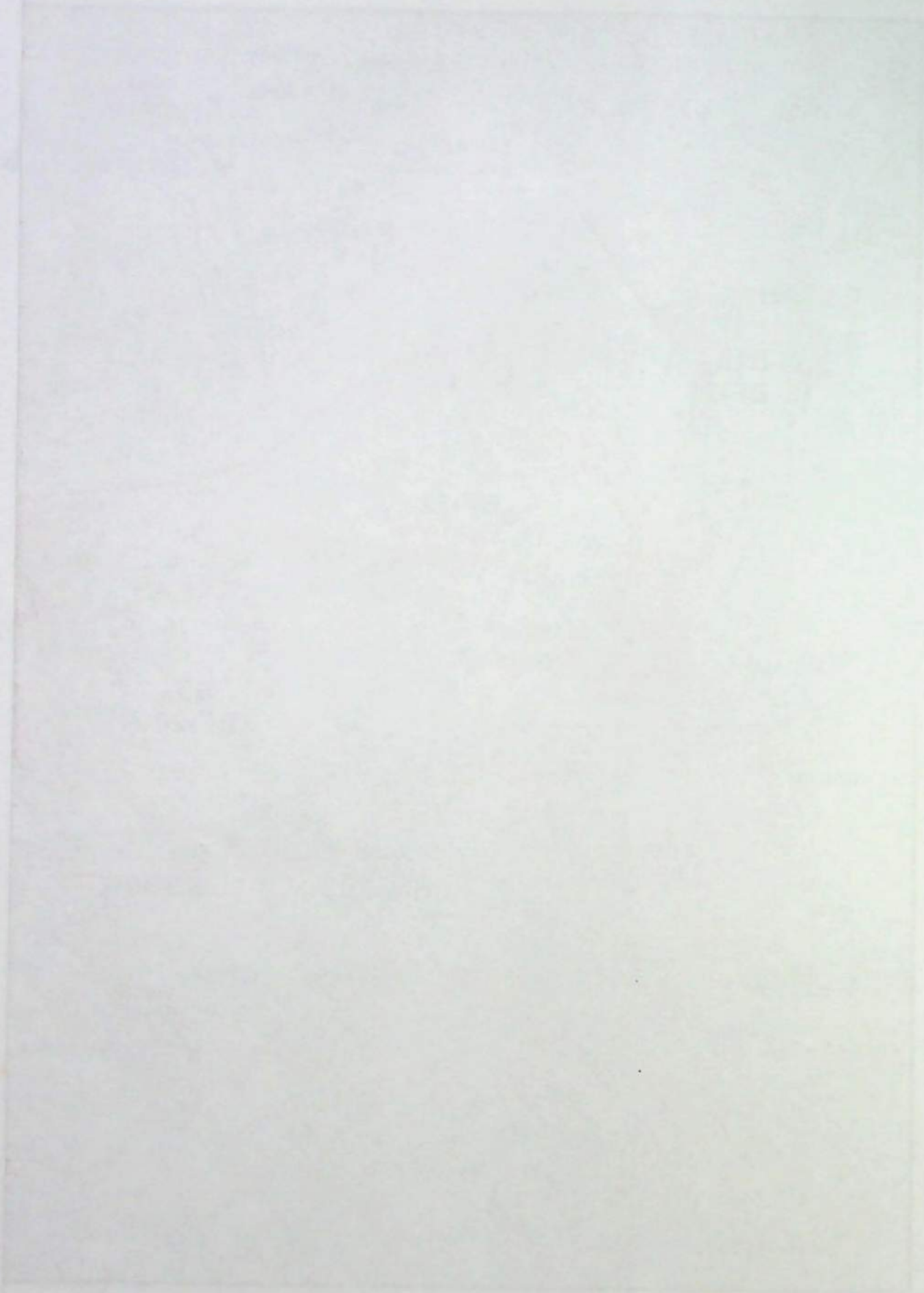


Figure 1. A map of the study area showing the location of the study sites. The map includes the following information:

- Latitude and longitude coordinates.
- Scale bar.
- Legend.
- Inset map.

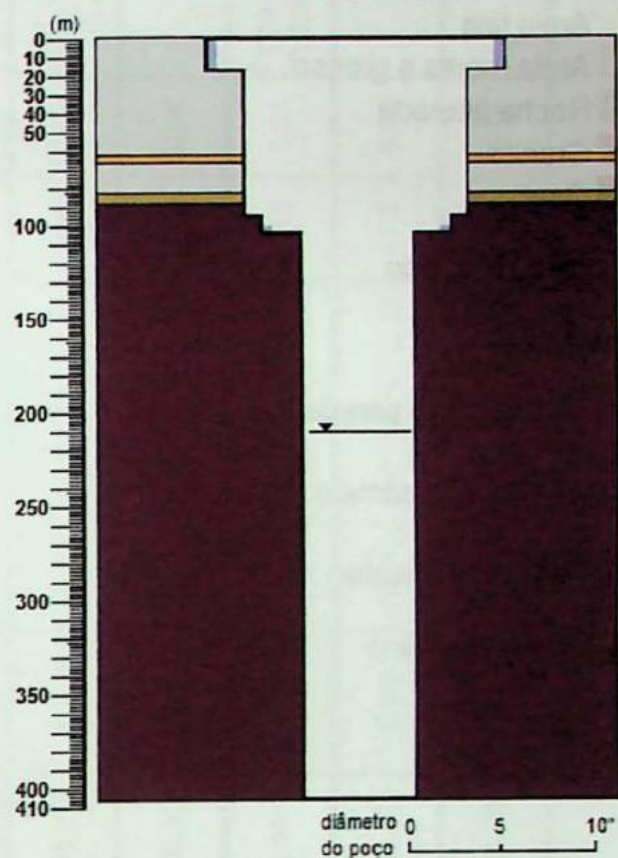
The map shows the study area in the context of the surrounding region. The study sites are marked with symbols and labeled. The map includes a scale bar and a legend. An inset map is also provided.

Anexo 3. Perfis de alguns dos poços amostrados. Foram selecionados aqueles com informações geológicas e construtivas suficientes para a confecção dos perfis. Os números indicados sobre cada perfil são referentes ao número do poço no DAEE (Anexo 1).

Legenda (válida para todos os perfis)

- Solo
- Argilas
- Areia fina
- Areia média a grossa
- Rocha alterada
- Granito
- Gnaiss
- Cimentação
- Filtro
- Tubo liso / parede do poço
- Nível dinâmico (ND) (m)
- Aquífero Sedimentar
- Aquífero Cristalino

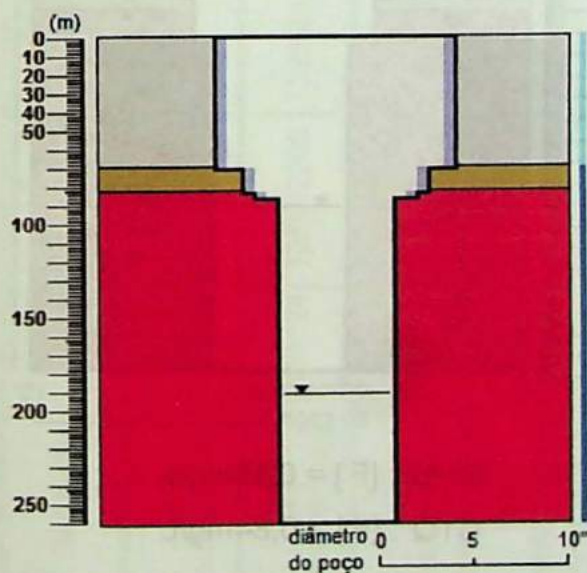
3430150



DAEE: [F] > 1,5mg/L

CTQ*: [F] = 7,80mg/L

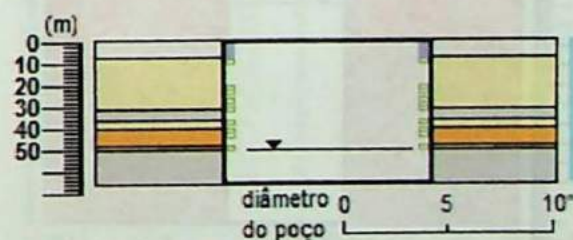
3430219



DAEE: [F] > 1,5mg/L

CTQ*: [F] = 6,60mg/L

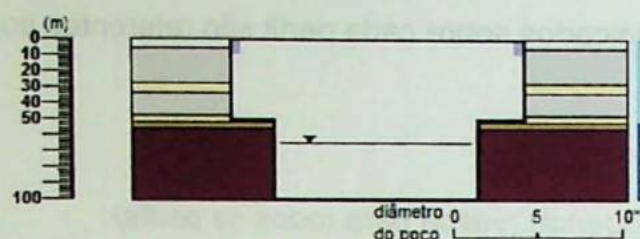
3430559



DAEE: [F] < 1,5mg/L

CTQ*: [F] = 0,32mg/L

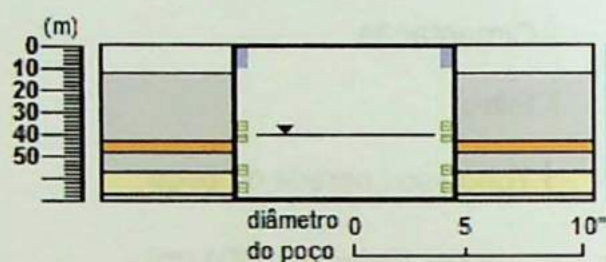
3430667



DAEE: [F] < 1,5mg/L

CTQ*: [F] = 0,02mg/L

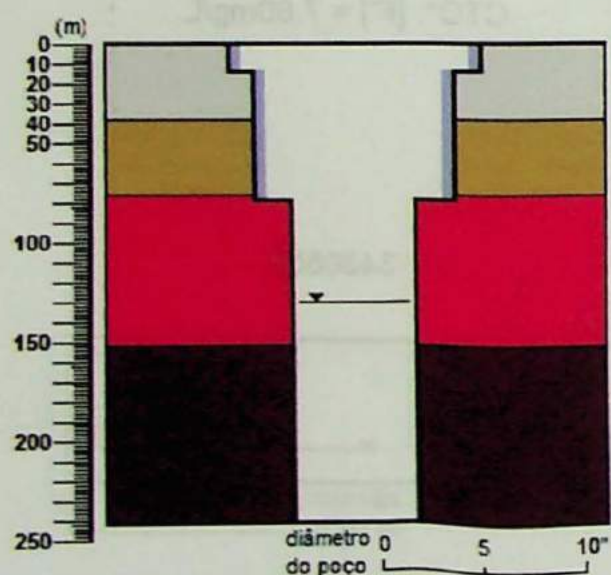
3430864



DAEE: [F] < 1,5mg/L

CTQ*: [F] = 0,01mg/L

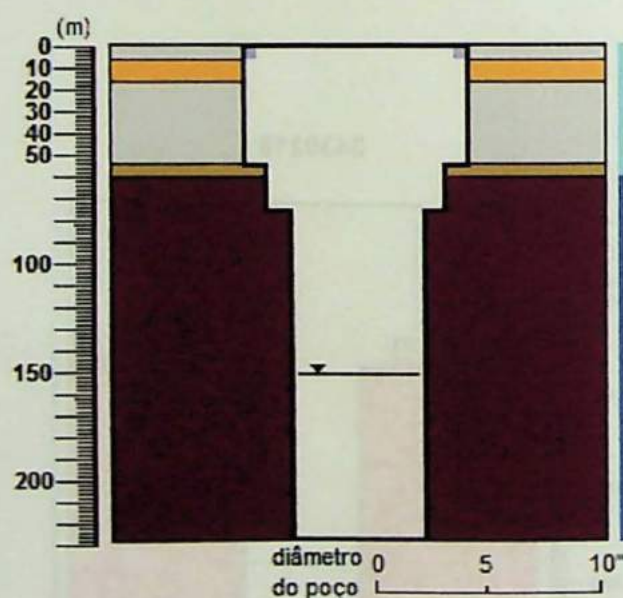
3431459



DAEE: [F] < 1,5mg/L

CTQ*: [F] = 0,41mg/L

3431486



DAEE: [F] = 0,59mg/L

CTQ*: [F] = 0,84mg/L

Legenda (válida para todos os perfis)

- Solo
- Argilas
- Areia fina
- Areia média a grossa
- Rocha alterada
- Granito
- Gnaiss
- Cimentação
- Filtro
- Tubo liso / parede do poço
- Nível dinâmico (ND) (m)
- Aquífero Sedimentar
- Aquífero Cristalino

Anexo 4. Dados referentes aos pontos de amostragem.

# Amostra	Material	# DAE (poço)	Data de coleta	Localização		Prof. (m)	Vazão (m³/h)	N.E. (m)	N.D. (m)	Análises	[F-]¹		Observações
				Latitude (mN)	Longitude (mE)						DAEE	CTQ²	
BF-01	água subterrânea	3430023	13/05/2009	7397,950	329,950	100,00	4,00	12,00	61,00	H, O, Sr	<1,5	0,32	
BF-02	água subterrânea	3431124	13/05/2009	7398,350	327,870	390,00	3,70	112,26	295,65	H, O, Sr	>1,5	9,10	Poço artesiano.
BF-03	água subterrânea	3430066	13/05/2009	7397,150	329,600	250,00	5,00	60,00	-	H, O, Sr	<1,5	5,80	
BF-04	água subterrânea	3430150	13/05/2009	7397,800	329,620	405,00	3,03	153,25	210,13	H, O, Sr	>1,5	7,80	
BF-05	água subterrânea	3430057	14/05/2009	7398,670	327,466	150,00	4,00	60,00	110,00	H, O, Sr	>1,5	10,00	
BF-06	água subterrânea	3430991	14/05/2009	7397,230	328,240	165,00	11,28	17,00	59,90	H, O, Sr	0,30	0,05	
BF-07	água subterrânea	3430992	14/05/2009	7397,220	328,240	150,00	3,60	24,34	64,91	H, O, Sr	0,10	0,06	
BF-08	água subterrânea	3431668	14/05/2009	7396,890	327,950	2,00	-	-	-	H, O, Sr	0,13	0,01	Poço cacimba (água do freático).
BF-09	água subterrânea	3430219	14/05/2009	7398,080	329,220	260,00	6,00	186,52	190,57	H, O, Sr	>1,5	6,60	
BF-10	água subterrânea	3431184	15/05/2009	7397,740	329,290	330,00	7,00	205,00	224,50	H, O, Sr	>1,5	5,30	

* CTQ Análises Químicas e Ambientais S/A Ltda (Relatório nº 10190509RIH)
- : informação não consta no cadastro do DAE.

# Amostra	Material	# DAEE (poço)	Data de coleta	Localização		Prof. (m)	Vazão (m³/h)	N.E. (m)	N.D. (m)	Análises	[F.]¹		Observações
				Latitude (mN)	Longitude (mE)						DAEE	CTQ²	
BF-11	água subterrânea	-	15/05/2009	7396,648	329,474	-	-	-	-	H, O, Sr	-	0,01	Nascente
BF-12	água subterrânea	-	15/05/2009	7396,741	329,635	-	-	-	-	H, O, Sr	-	0,01	Nascente
BF-13	água subterrânea	3430338	15/05/2009	7396,670	329,990	230,00	1,56	180,00	208,00	H, O, Sr	>1,5	4,20	O poço estava 'lacrado cautelarmente'.
BF-14	água subterrânea	3431338	19/05/2009	7397,630	329,480	360,00	25,00	240,18	320,06	H, O, Sr	>1,5	9,30	A coleta foi feita no mesmo dia de retirada da bomba, para desativação do poço.
BF-15	água subterrânea	3431338	19/05/2009	7397,630	329,480	360,00	25,00	240,18	320,06	H, O, Sr	>1,5	9,10	Duplicata.
BF-16	água subterrânea	3431486	21/05/2009	7397,880	326,720	227,50	1,00	99,10	151,20	H, O, Sr	0,59	0,84	
BF-17	água subterrânea	3430559	21/05/2009	7396,800	328,730	66,00	2,50	20,00	50,00	H, O, Sr	<1,5	0,32	
BF-18	água subterrânea	3430864	21/05/2009	7397,270	327,480	72,00	2,00	20,00	40,00	H, O, Sr	<1,5	0,01	
BF-19	água	3430667	21/05/2009	7396,770	331,880	100,00	3,50	26,18	65,36	H, O, Sr	<1,5	0,02	
BF-20	água	3431459	21/05/2009	7397,330	331,950	240,00	2,48	26,36	130,43	H, O, Sr	<1,5	0,41	
BF-21	água	QTD-675	21/05/2009	7398,032	330,721	100,00	2,00	15,00	35,00	H, O, Sr	>1,5	3,00	

* CTQ Análises Químicas e Ambientais S/A Ltda (Relatório nº 10190509RIH)

- : informação não consta no cadastro do DAEE.

Anexo 4. Dados referentes aos pontos de amostragem.

# Amostra	Material	# DAE (poço)	Data de coleta	Localização		Prof. (m)	Vazão (m³/h)	N.E. (m)	N.D. (m)	Análises	[F-]¹		Observações
				Latitude (mN)	Longitude (mE)						DAEE	CTQ²	
BF-22	solo	-	20/07/2009	7398,497	327,769	1,20-1,30	-	-	-	Sr	-		Matéria orgânica no final do intervalo; trechos arenosos
BF-23	solo	-	20/07/2009	7396,741	329,635	0,50-0,70	-	-	-	Sr	-		Próximo à nascente; N. A. muito próximo da superfície
BF-24	solo	-	20/07/2009	7396,648	329,474	1,40-1,60	-	-	-	Sr	-		Próximo à nascente
BF-25	solo	-	20/07/2009	7398,178	330,621	1,10-1,30	-	-	-	Sr	-		Possível aterro
BF-26	solo	-	21/07/2009	7397,806	328,887	1,00-1,20	-	-	-	Sr	-		
BF-27	solo	-	21/07/2009	7396,818	330,011	4,50-4,70	-	-	-	Sr	-		Perfil: 2º nível
BF-28	solo	-	21/07/2009	7396,818	330,011	1,40-1,60	-	-	-	Sr	-		Perfil: 1º nível
BF-29	solo	-	21/07/2009	7396,818	330,011	9,00-9,20	-	-	-	Sr	-		Perfil: 3º nível
BF-30	solo	-	21/07/2009	7397,398	328,608	1,40-1,60	-	-	-	Sr	-		Solo foi remexido ao longo dos anos
BF-31	solo	-	21/07/2009	7398,859	327,151	1,30-1,50	-	-	-	Sr	-		
E1-SG	efluente	-	2007	-	-	-	-	-	-	Sr	-		Efluente (ponto 1).
E2-SG	efluente	-	2007	-	-	-	-	-	-	Sr	-		Efluente (ponto 2).

Total de amostras:

20 água

1 duplicata (água)

2 efluente

10 solo

* CTQ Análises Químicas e Ambientais S/A Ltda (Relatório nº 10190509RIH)

- : informação não consta no cadastro do DAE.

Anexo 5. Descrição macroscópica das amostras de solo.

#Amostra	Data de coleta	Localização		Prof. (m)	Descrição macroscópica			
		Latitude (mN)	Longitude (mE)		Cor	Gran.	Aumento ¹	Mineralogia
BF-22	20/07/2009	7398,497	327,769	1,20-1,30	marrom claro a ocre	< 0,5mm	16x	Predomínio de argilas. Ocorrem também: quartzo sub-arredondado a sub-angular e fragmentos de feldspato, aparentemente de hábito tabular.
BF-23	20/07/2009	7396,741	329,635	0,50-0,70	preto amarronzado	0,5 a 1,5mm	12,8x	Predomínio de matéria orgânica (material preto), com restos vegetais (raízes). Apresenta fragmentos de quartzo, com fratura conchoidal. Há porções pequenas que são marrom avermelhadas, possivelmente argilas.
BF-24	20/07/2009	7396,648	329,474	1,40-1,60	marrom claro avermelhado	< 1mm	64x	Predomínio de argilas, com muitos fragmentos de quartzo. Sugere-se que argilas de coloração branca possam ser sericita ou caulim. Presença (rara) de minerais opacos.
BF-25	20/07/2009	7398,178	330,621	1,10-1,30	avermelhado	< 1,5mm	64x	Franco predomínio de argilas. Presença de alguns fragmentos de muscovita de até 1mm e de feldspato (possivelmente; grãos estão muito alterados) de até 1,5mm de comprimento.
BF-26	21/07/2009	7397,806	328,887	1,00-1,20	marrom avermelhado	< 1mm	64x	Predomínio de argilas, sendo observados fragmentos de quartzo, alguns de muscovita e poucos de feldspato, os quais estão moderadamente alterados.
BF-27	21/07/2009	7396,818	330,011	4,50-4,70	ocre amarronzado	< 0,5mm	64x	Argilas. Raros fragmentos de muscovita (porções com brilho micáceo) e de quartzo (brilho gorduroso).
BF-28	21/07/2009	7396,818	330,011	1,40-1,60	ocre	< 1mm	40x	Argila com fragmentos de muscovita (até 1mm), de quartzo (até 1mm, pouco angulosos, com fratura conchoidal) e de feldspato (hábito tabular).
BF-29	21/07/2009	7396,818	330,011	9,00-9,20	ocre	< 1mm	64x	Argilas; não é possível identificar minerais.
BF-30	21/07/2009	7397,398	328,608	1,40-1,60	marrom claro avermelhado		40x	Argilas com alguns fragmentos de biotita, muscovita e quartzo (anguloso, com fratura conchoidal).
BF-31	21/07/2009	7398,859	327,151	1,30-1,50	marrom avermelhado	< 0,5mm	64x	Argila com fragmentos de quartzo de até 1,5mm, com fratura conchoidal.

¹ Aumento utilizado na Lupa Leica MZ6.

Anexo 6. Dados isotópicos e outras informações utilizadas na confecção de gráficos.

Amostra			Localização		Descrição do material	Dados de campo		Dados CPGeo					
# Amostra	Material	# DAEE	Latitude	Longitude		Data de coleta	pH	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	Erro analítico	dD	Erro analítico	d ¹⁸ O	Erro analítico
BF-01	água subterrânea	3430023	7397,950	329,950	-	13/05/2008	7,068	0,715450	0,000028	-35,68	0,5‰	-6,67	0,2‰
BF-02	água subterrânea	3431124	7398,350	327,870	-	13/05/2009	8,396	0,714323	0,000027	-42,98	0,5‰	-7,30	0,2‰
BF-03	água subterrânea	3430066	7397,150	329,600	-	13/05/2009	7,788	0,725270	0,000045	-45,60	0,5‰	-7,54	0,2‰
BF-04	água subterrânea	3430150	7397,800	329,620	gnaisse (máficos variam)	13/05/2009	8,689	0,723688	0,000023	-44,73	0,5‰	-7,48	0,2‰
BF-05	água subterrânea	3430057	7398,670	327,466	-	14/05/2009	8,443	0,716689	0,000030	-43,51	0,5‰	-7,29	0,2‰
BF-06	água subterrânea	3430991	7397,230	328,240	-	14/05/2009	5,654	0,722234	0,000055	-40,07	0,5‰	-7,18	0,2‰
BF-07	água subterrânea	3430992	7397,220	328,240	-	14/05/2009	5,732	0,722306	0,000096	-37,50	0,5‰	-6,98	0,2‰
BF-08	água subterrânea	3431668	7396,890	327,950	solo, sedimentos	14/05/2009	4,937	0,714392	0,000090	-36,04	0,5‰	-6,72	0,2‰
BF-09	água subterrânea	3430219	7398,080	329,220	bt-granito	14/05/2009	8,528	0,722676	0,000076	-45,13	0,5‰	-7,35	0,2‰
BF-10	água subterrânea	3431184	7397,740	329,290	-	15/05/2009	8,340	0,724121	0,000053	-43,63	0,5‰	-7,20	0,2‰
BF-11	água subterrânea	-	7396,648	329,474	argila + qtz	15/05/2009	6,440	0,716991	0,000053	-37,29	0,5‰	-6,55	0,2‰
BF-12	água subterrânea	-	7396,741	329,635	M. O. + qtz e pouca argila	15/05/2009	5,260	0,713275	0,000043	-35,31	0,5‰	-6,51	0,2‰
BF-13	água subterrânea	3430338	7396,670	329,990	? (rocha sã)	15/05/2009	7,950	0,725129	0,000074	-49,35	0,5‰	-7,90	0,2‰
BF-14	água subterrânea	3431338	7397,630	329,480	-	19/05/2009	8,782	0,724046	0,000069	-47,28	0,5‰	-7,91	0,2‰
BF-15	água subterrânea	3431338	7397,630	329,480	-	19/05/2009	8,782	0,724072	0,000053	-46,63	0,5‰	-7,84	0,2‰
BF-16	água subterrânea	3431486	7397,880	326,720	gnaisse	21/05/2009	7,547	0,716348	0,000071	-43,24	0,5‰	-7,11	0,2‰

¹ [F-] em mg/L para água e efluentes e em mg/kg para solos.
 -: informação não consta no cadastro do DAEE.

Anexo 6. Dados isotópicos e outras informações utilizadas na confecção de gráficos.

Amostra			Dados CTQ		Dados DAAE						Observações
# Amostra	Material	# DAAE	[Sr ²⁺] (mg/L)	[F] ¹	[F] (mg/L)	Profundidade (m)*	Espessura do SAS (m)	Aquífero Explorado	Nível estático (m)	Nível Dinâmico (m)	
BF-01	água subterrânea	3430023	0,044	0,32	<1,5	100,00	100,00	Sedimentar	12,00	61,00	
BF-02	água subterrânea	3431124	0,190	9,10	>1,5	390,00	52,00	Cristalino	112,26	295,65	
BF-03	água subterrânea	3430066	0,450	5,80	<1,5	250,00	96,00	Cristalino	60,00	-	
BF-04	água subterrânea	3430150	0,055	7,80	>1,5	405,00	82,00	Cristalino	153,25	210,13	
BF-05	água subterrânea	3430057	0,170	10,00	>1,5	150,00	-	Cristalino	60,00	110,00	
BF-06	água subterrânea	3430991	0,100	0,05	0,3	165,00	97,00	Cristalino	17,00	59,90	
BF-07	água subterrânea	3430992	0,100	0,06	0,1	150,00	90,00	Cristalino	24,34	64,91	
BF-08	água subterrânea	3431668	0,037	0,01	-	2,00	2,00	Sedimentar	-	-	Poço cacimba (água do freático).
BF-09	água subterrânea	3430219	0,060	6,60	>1,5	260,00	69,00	Cristalino	186,52	190,57	
BF-10	água subterrânea	3431184	0,071	5,30	>1,5	330,00	84,00	Cristalino	205,00	224,50	
BF-11	água subterrânea	-	0,018	0,01	-	0,00	-	Sedimentar	-	-	Nascente
BF-12	água subterrânea	-	0,034	0,01	-	0,00	-	Sedimentar	-	-	Nascente
BF-13	água subterrânea	3430338	0,210	4,20	>1,5	230,00	102,00	Cristalino	180,00	208,00	
BF-14	água subterrânea	3431338	0,053	9,30	>1,5	360,00	92,00	Cristalino - Sedimentar	240,18	320,06	
BF-15	água subterrânea	3431338	0,052	9,10	>1,5	360,00	92,00	Cristalino - Sedimentar	240,18	320,06	
BF-16	água subterrânea	3431486	0,650	0,84	0,59	227,50	60,00	Cristalino	99,10	151,20	

¹ [F] em mg/L para água e efluentes e em mg/kg para solos.

- : informação não consta no cadastro do DAAE.

Anexo 6. Dados isotópicos e outras informações utilizadas na confecção de gráficos.

Amostra			Localização		Descrição do material	Dados de campo		Dados CPGeo					
# Amostra	Material	# DAEE	Latitude	Longitude		Data de coleta	pH	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	Erro analítico	dD	Erro analítico	d ¹⁸ O	Erro analítico
BF-17	água subterrânea	3430559	7396,800	328,730	areia fina a média com argila	21/05/2009	5,889	0,722570	0,000070	-42,75	0,5‰	-7,48	0,2‰
BF-18	água subterrânea	3430864	7397,270	327,480	argila siltosa a arenosa, com grãos de qtz, e camada de areia grossa	21/05/2009	4,860	0,731976	0,000070	-38,41	0,5‰	-6,84	0,2‰
BF-19	água subterrânea	3430667	7396,770	331,880	granito gnaissse	21/05/2009	5,775	0,725765	0,000080	-35,33	0,5‰	-6,24	0,2‰
BF-20	água subterrânea	3431459	7397,330	331,950	granito (qtz e felds, pouca bt) sobre gnaissse (qtz, felds, bt e pouca grt)	21/05/2009	8,311	0,722435	0,000069	-42,06	0,5‰	-7,23	0,2‰
BF-21	água subterrânea	QTD-675	7398,032	330,721	-	21/05/2009	8,461	0,726000	0,000080	-41,70	0,5‰	-6,88	0,2‰
BF-22	solo	-	7398,497	327,769	argila com qtz e felds	20/07/2009	-	-	-	-	-	-	-
BF-23	solo	-	7396,741	329,635	M. O. + qtz e pouca argila	20/07/2009	-	0,718172	0,000071	-	-	-	-
BF-24	solo	-	7396,648	329,474	argila + qtz	20/07/2009	-	-	-	-	-	-	-
BF-25	solo	-	7398,178	330,621	argila com ms	20/07/2009	-	-	-	-	-	-	-
BF-26	solo	-	7397,806	328,887	argila, com qtz e pouca ms	21/07/2009	-	-	-	-	-	-	-
BF-27	solo	-	7396,818	330,011	argila, pouca ms e qtz	21/07/2009	-	0,786800	0,000078	-	-	-	-
BF-28	solo	-	7396,818	330,011	argila com ms, qtz e felds	21/07/2009	-	0,715778	0,000079	-	-	-	-
BF-29	solo	-	7396,818	330,011	argilas	21/07/2009	-	0,757804	0,000076	-	-	-	-
BF-30	solo	-	7397,398	328,608	argila com bt, ms e qtz	21/07/2009	-	0,712781	0,000091	-	-	-	-
BF-31	solo	-	7398,859	327,151	argila + qtz	21/07/2009	-	-	-	-	-	-	-
E1-SG	efluente	-	-	-	Ef.	2007	-	0,716271	0,000069	-	-	-	-
E2-SG	efluente	-	-	-	Ef.	2007	-	0,715439	0,000053	-	-	-	-

¹ [F-] em mg/L para água e efluentes e em mg/kg para solos.
 - : informação não consta no cadastro do DAEE.

Anexo 6. Dados isotópicos e outras informações utilizadas na confecção de gráficos.

Amostra			Dados CTQ		Dados DAE						Observações
# Amostra	Material	# DAE	[S ²⁺] (mg/L)	[F] ¹	[F] (mg/L)	Profundidade (m)*	Espessura do SAS (m)	Aquífero Explorado	Nível estático (m)	Nível Dinâmico (m)	
BF-17	água subterrânea	3430559	0,024	0,32	<1,5	66,00	66,00	Sedimentar	20,00	50,00	
BF-18	água subterrânea	3430864	0,130	0,01	<1,5	72,00	72,00	Sedimentar	20,00	40,00	
BF-19	água subterrânea	3430667	0,260	0,02	<1,5	100,00	52,00	Cristalino	26,18	65,36	
BF-20	água subterrânea	3431459	0,380	0,41	<1,5	240,00	-	Cristalino	26,36	130,43	
BF-21	água subterrânea	QTD-675	0,068	3,00	>1,5	100,00	30,00	Cristalino	15,00	35,00	
BF-22	solo	-	16,000	5	-	1,25	-	-	-	-	
BF-23	solo	-	29,000	5	-	0,60	-	-	-	-	
BF-24	solo	-	2,500	5	-	1,50	-	-	-	-	
BF-25	solo	-	12,000	5	-	1,20	-	-	-	-	
BF-26	solo	-	32,000	6,3	-	1,10	-	-	-	-	
BF-27	solo	-	14,000	5	-	4,60	-	-	-	-	Perfil: 2º nível
BF-28	solo	-	5,300	5	-	1,50	-	-	-	-	Perfil: 1º nível
BF-29	solo	-	21,000	5	-	9,10	-	-	-	-	Perfil: 3º nível
BF-30	solo	-	9,100	5,5	-	1,50	-	-	-	-	Solo foi remexido ao longo dos anos.
BF-31	solo	-	32,000	6,4	-	1,40	-	-	-	-	
E1-SG	efluente	-	0,160	0,35	-	-	-	-	-	-	
E2-SG	efluente	-	-	0,27	-	-	-	-	-	-	

¹ [F] em mg/L para água e efluentes e em mg/kg para solos.
- : informação não consta no cadastro do DAE.

Anexo 7. Razões isotópicas de estrôncio de diversas rochas e de alguns componentes terrestres.

	Rocha / Material	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Fonte
Água do mar	Água do mar	0,70906±0,00033	Faure (1986)
	Água do mar	0,70906±0,00003	Thomaz Filho <i>et al.</i> (1995)
Manto e Crosta	Manto superior	0,703	Banner (2004)
	Manto	0,704±0,002	Faure (1986)
	Crosta siálica	0,715-0,72	Gill & Compston (1973)
Rochas ígneas básicas	MORBs (basaltos de cadeias meso-oceânicas)	0,7022-0,7034	Allègre (2008)
	MORBs (basaltos de cadeias meso-oceânicas)	0,70280	Faure (1986)
	OIBs (ilhas oceânicas)	0,7030-0,7050	Allègre (2008)
	Ilhas oceânicas	0,70386	Faure (1986)
	Toleitos e álcali-basaltos de ilhas oceânicas	0,703-0,706	Gill & Compston (1973)
	Arcos de ilha	0,70437	Faure (1986)
	Áreas continentais	0,70577	Faure (1986)
	Olivina toleito (Mt. Etna)	0,70314	Faure (1986)
	Diabásio (B. Paraná, em São Paulo)	0,706-0,709	Cordani <i>et al.</i> (1980)
	Basalto (B. Paraná, em SP e SC)	0,7029-0,7086	Halpern <i>et al.</i> (1974)
	Basalto (B. Paraná)	0,704-0,707	Cordani <i>et al.</i> (1980)
	Anortosito (RS)	0,7033	Formoso (1973)
Rochas ígneas ácidas	Gnaiss granítico (SW da Groenlândia)	0,7009±0,0011	Faure (1986)
	Granitos	0,705-0,850	Allègre (2008)
	- Lhasa (Tibet)	0,705	
	- Altos Himalaias	0,780	
	Complexo Granítico em Carn Chuinneag (Escócia)	0,710±0,002	Faure (1986)
	Granitos (Nappe Socorro Guaxupé, SP)	0,716-0,728	Martins (2005)
	Granitos (Cinturão Orogênico do Ribeira)	~0,75	Halpern <i>et al.</i> (1974)
	Granófiro (Sta. Maria, RS)	0,734-0,739	Cordani <i>et al.</i> (1980)
	Monzogabrodiorito (W do Maciço Central Francês)	0,70769-0,70796	Négrel <i>et al.</i> (2001)
	Tonalitos e leucogranitos (W do Maciço Central Francês)	0,70802-0,70840	Négrel <i>et al.</i> (2001)
	Monzodiorito (W do Maciço Central Francês)	0,70807-0,70926	Négrel <i>et al.</i> (2001)
	Hialodacito (B. Paraná, em SC e RS)	0,721-0,722	Cordani <i>et al.</i> (1980)
	Dacito (B. Paraná, RS)	0,720-0,724	Cordani <i>et al.</i> (1980)
	Dacito (B. Paraná)	0,7201-0,7239	Halpern <i>et al.</i> (1974)
	Riolito (N de Toscana, Itália)	0,72548	Faure (1986)
	Tufos e ignimbritos (Fm. Acampamento Velho, RS)	0,74-0,77	Borba <i>et al.</i> (2003)
Rochas sedimentares	Sedimentos (B. Allanche, França)	~0,703	Négrel & Roy (2002)
	Sedimentos do oceano Atlântico	0,7044-0,7429	Faure (1986)
	Folhelho Eskridge (EUA)	0,7116±0,0006	Thomaz Filho <i>et al.</i> (1995)
	Sedimentos flúvio-aluviais com caolinita, illita, quartzo, esmectita	0,71277-0,7146	Silva (2006)
	Sedimentos (B. Desges, França)	0,71482-0,71729	Négrel & Roy (2002)
	Sedimentos flúvio-eólicos com caolinita, illita e esmectita (traço)	0,7159-0,71588	Silva (2006)
	Depósitos alúvio-lacustres (Fm. Sta. Bárbara, RS)	0,7335-0,7395	Borba <i>et al.</i> (2003)
	Siltitos (Fm. Guaritas, RS)	0,777791-0,793590	Borba <i>et al.</i> (2003)
Rochas metamórficas	Xistos (sul da França):		Faure (1986)
	- argila autógena - argila detrítica	0,7086±0,0004 0,7037±0,0008	

